

CH 1, 2

by: mohammed Fathy

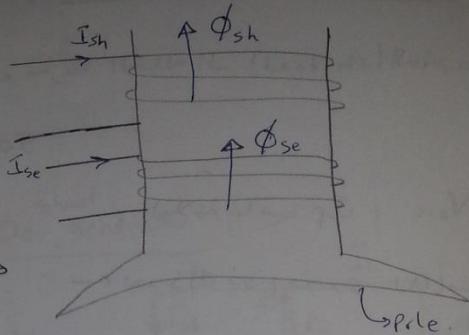
Compound Generator

a) Cumulative

$$\phi_T = \phi_{sh} + \phi_{se}$$

الملفين في نفس الاتجاه فيتولد
فيهما علها يكذبوا في نفس الاتجاه
بعضها.

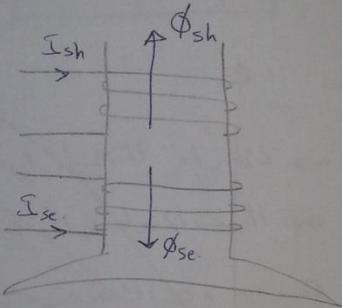
إذا يكون المغناطيس الكلي هو مجموع الملفين.



b) Differential

$$\phi_T = \phi_{sh} - \phi_{se}$$

إذا كان الاتجاه هنا هو العامل
الذكي نوع الملفين.



[a] No Load Chls (magnetization chls)

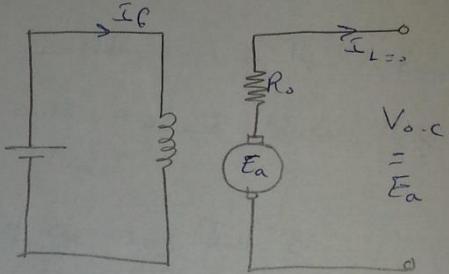
هي التي تزداد مع مرحلة الحال الـ (No load) (Generator)

بـ قـم بـ تشـخـيله

$V_{o.c}$, I_{f0} العلاقة ما بين

بعـد ذـلـك نـفـعـ مـوـر (DC) سـغـرـ

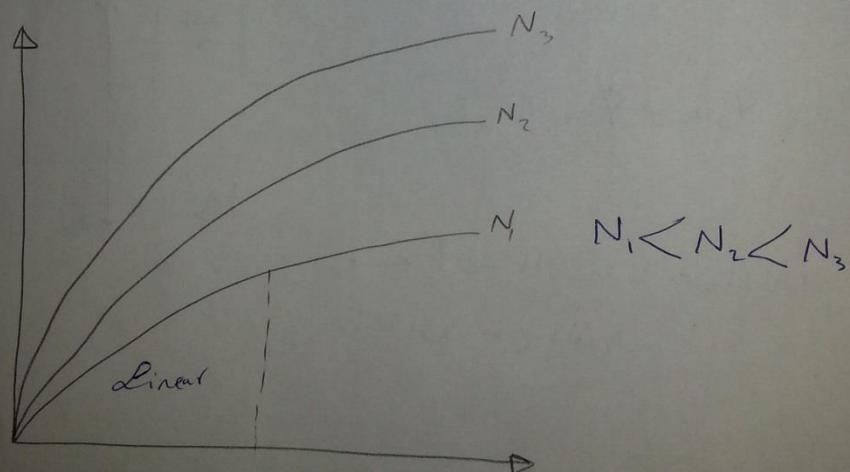
$$E_a = \frac{\rho}{\alpha A} \phi Z \frac{N}{60}$$



$$E_a \propto \phi N$$

$N \rightarrow \text{Const}$

نـفـرـقـنـ اـنـ اـلـ لـمـ تـمـ نـمـرـ
سـبـعـةـ تـابـتـ



عـنـ تـعـمـمـ أـنـ إـلـمـ يـجـبـ وـقـعـ سـاحـيـةـ بـنـيـةـ ٥٠٪

[b]

Blood chls

Internal chls $\rightarrow E_0, I_L$

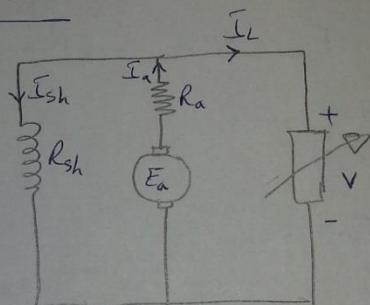
[2] External chls \longrightarrow V, T

→ Load chls of Dc. generator

L) \leftrightarrow صرہ ہیکن جملہ اخلى دمرہ خارجی۔

$$I_L = I_a - I_{sh}$$

$$I_n = I_L + I_{Sh}$$



$\pi_1 \uparrow$ $\pi_a \uparrow$

ـ التحيل (I)ـ

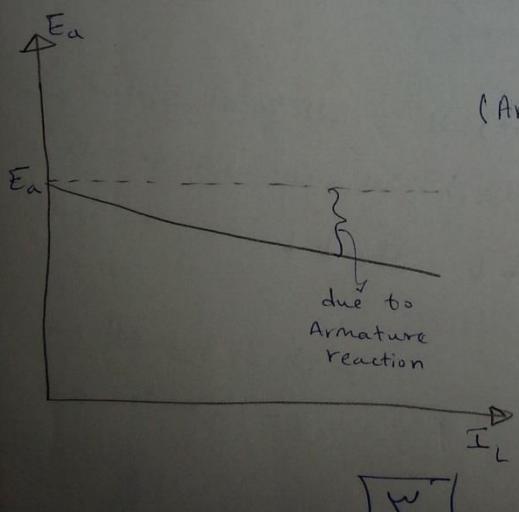
(Armature) فتحة المغناطيس المائل

هُنْدِيٌّ وَهُنَاكَ هِنْقَ سَوْلَدِيٌّ

الله يعاكم الفيتو الأجل

حسب قاعدة لنز فالمرجولة

مَكَوْهُ الْفَرْدِ بِعِنْدِهِ حَتَّى



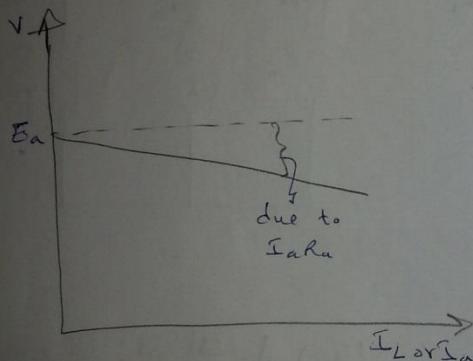
$$E \propto (\phi_{sh} - \phi_{AR})$$

$\underbrace{\hspace{1cm}}$ Armature reaction.

External

$$E_a = V + I_a R_a + \Delta V_b$$

$$E_a = V + I_a R_a \Rightarrow V = E_a - I_a R_a$$



$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

→ ملاحظة: إذا يقل التيار (I_a) أو (Armature) فينتح فيهم هنر

غير قادر على توليد جهد في الألة (أنيار في الجهد) فستكون معروفة

$$\text{المجهود} = \text{جهز} \cdot I_a + I_{sh}$$



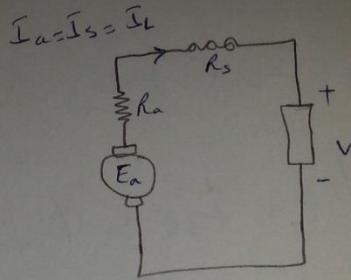
→ الجهد يقل على الوجه
فعما رأينا وقوع حمل زائد
على الألة

Q] Load chls of D-C Series Generator :-

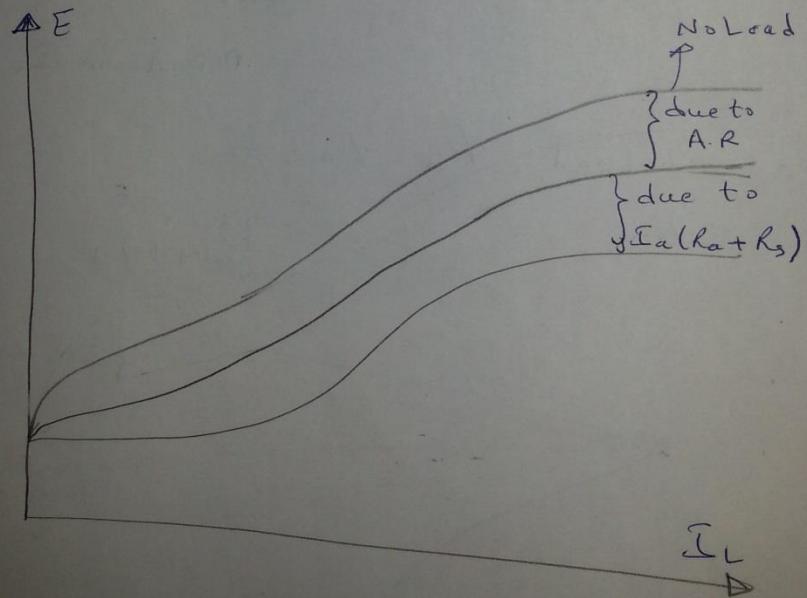
at no load

$$\text{if } V=0 \rightarrow I=0$$

$$\therefore \phi = 0$$



→ إذاً هنا بتدبر الآلة بسرعة معينة لا بد وأن يتولد جهد كافٍ
محزن في الآلة → ناتج عن تشغيل الآلة في وقت سابق . E_a



* [3] Load chls of D.C Compound Generator:-

$$I_a = I_L + I_{sh}$$

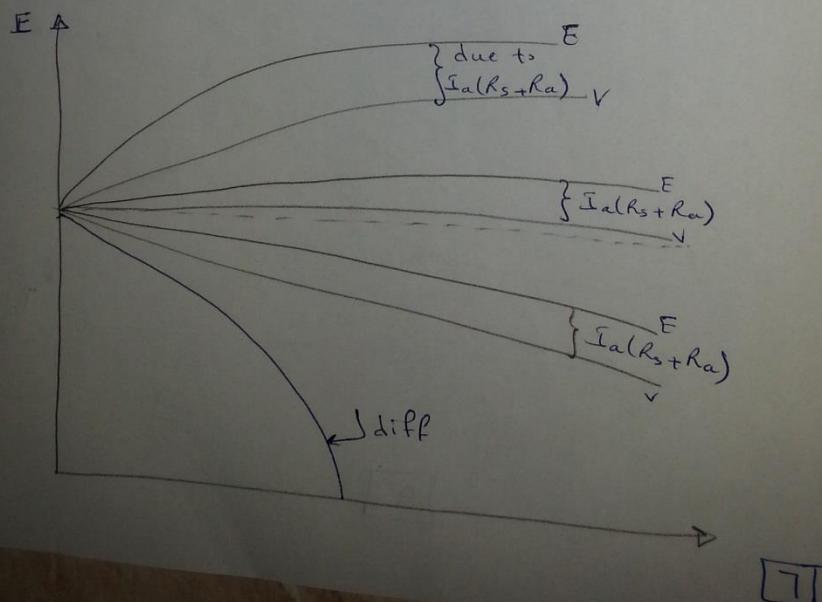
$$\phi_T = \phi_{sh} \pm \phi_{se.}$$

$$\phi_T \propto (I_{sh} N_{sh} \pm I_{se.} N_{se.})$$

$$\phi_T = (\phi_{sh} + \phi_{se} - \phi_{A.R})$$

↓ Depend on I_a

at no load $\phi_{se} - \phi_{A.R} = 0$



Q

$$a) \text{ over Compound} \quad \phi_{se} \gg \phi_{A.R}$$

← بسبب أن عدد لفات ملنات أو (series) كبير نسبياً فـ ϕ_{se} ~~يتغلب على~~ $\phi_{A.R}$ فـ ϕ_{se} يزيد الفيـق المحـول وبالتالي يزيد الجـهـر .

$$b) \text{ flat Compound} \quad \phi_{se} \approx \phi_{A.R}$$

↑ زاد التحـيل يـزـدـادـ الفـيـقـ لـ A.R ، series

$$c) \text{ under Compound} \quad \phi_{se} < \phi_{A.R}$$

↑ زاد التحـيل يـزـدـادـ الفـيـقـ لـ A.R ، series لكن الاختلاف يـعـكـسـ المـعـوـجـ

كل ما سبق في الحال Cumulative باـذـ كـنـاـتـ حالـةـ

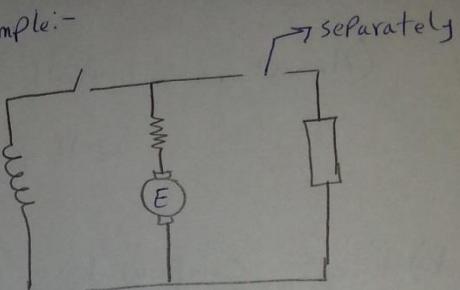
↓ (differential)

$$\phi_T = \phi_{sh} - \phi_{se} - \phi_{A.R}$$

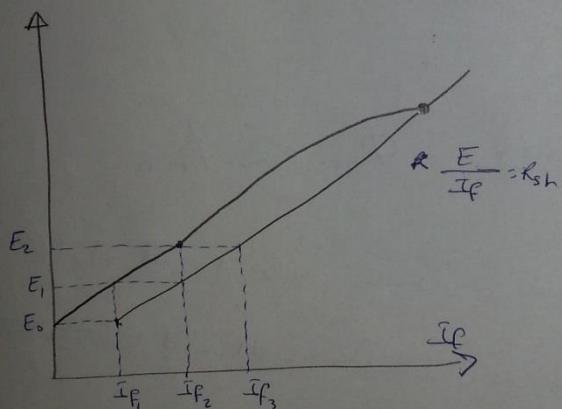
V

→ Voltage building in self excited Generator:-

→ on shunt as example:-



→ تكون العلاقة بين الجهد والتأثير كما يلي.



$I_{L=0}$. So we neglect R_a

← العبر هنا تولد نتيجة (residual flux)

← إذاً هنا بتوسيع المفتاح

$$I_f = \frac{E_0}{R_{sh}}$$

↙ التيار I_f يولد فيهم لابه ϕ يكون في نفس اتجاه المغناطيس
المخزن في الألة.

↙ يزيد المغناطيس فيزاً في الجهد فيتولد جهد معاكس E_1 يقوم بتوقيف I_f

$$I_{f_2} = \frac{E_1}{R_{sh}}$$

↙ المترددة الواجب توافرها في الألة

. (residual Flux) 1 دوحة .

↙ التيار يولد فيهم، يعيشه ϕ يكون في نفس اتجاه المغناطيس
المخزن في الألة.

$R_{critical} \approx R_{sh}$ قيمة 2

$$N > N_{critical}$$

↓
أقل سرعة تدور بها

الألة تولد جيد.

9

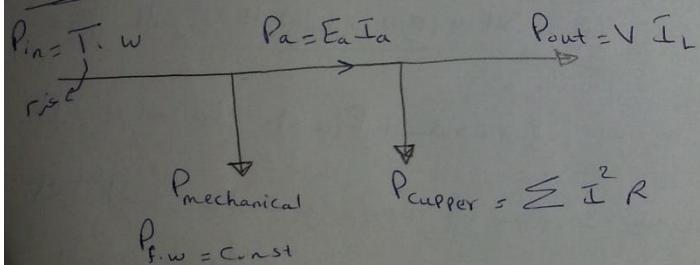
كفاءة آلة كهربائية

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100$$

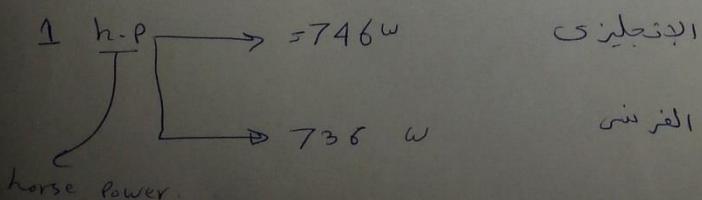
D.C machines أنواع الفئات

فقط كهربائي من الملفات مثلاً، b - فقدان الحديد (Eddy current) [1]
 له يحد فقط [2] (Armature). فقدان ميكانيكي.

\Rightarrow Power Flow of D.C generator



$$P_{loss} \text{ Constant losses} = P_{f.w} + P_{iron}$$



[1]

Ch:2 # DC Motor

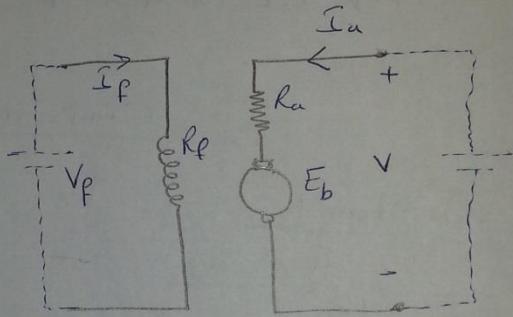
فيه مقدمة موجودة بورقة الملاحظات.

$N \rightarrow$ motor speed (r.p.m)

الـ (motor) إذا كانت بعوئه ~~مقدمة~~ بعوئه معين (أعده سعدي نفسه) تجاه الحركة الذي يعكس التيار الفيزيومرة واحدة.

$E_b \leftarrow$ القوة المادعة الكهربائية
armature على

$$E_b = \frac{\rho}{A} \phi Z \frac{N}{60}$$

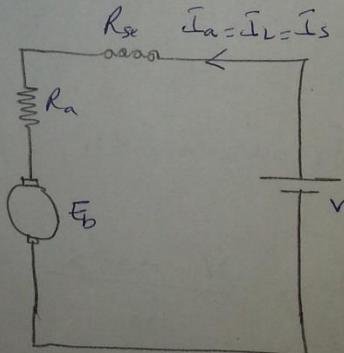


$$E_b = V - I_a R_a - \Delta V_b$$

Series

$$V = E_b + I_a (R_a + R_s) + \Delta V_b$$

$$E_b = \frac{\rho}{A} \phi Z \frac{N}{60}$$



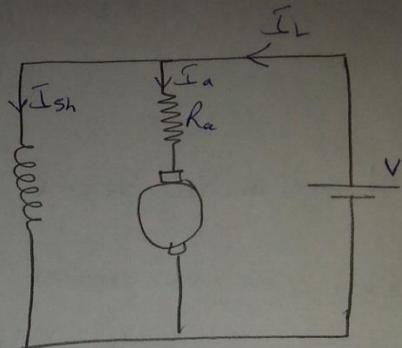
[N]

Shunt Motor

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

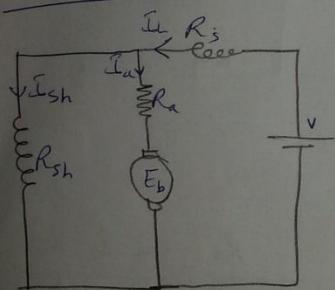
$$I_L = I_a + I_{sh}$$

$$V = E_b + I_a R_a + \Delta V_b$$



Compound Motor

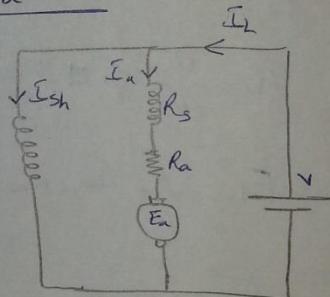
a) short +



$$I_L = I_a + I_{sh}$$

$$I_{sh} = \frac{V - I_a R_s}{R_{sh}}$$

b) long



$$I_L = I_a + I_{sh}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$E_b = V - I_a (R_a + R_s) - \Delta V_b$$

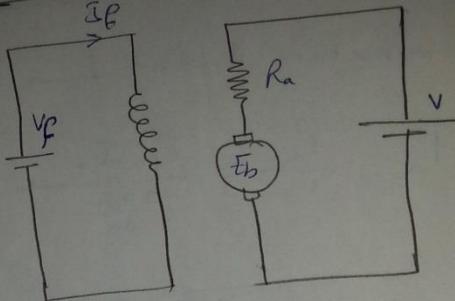
187

→ Power equation of D.C Motor

$\Delta V_b \rightarrow$ neglected

$$V = E_b + I_a R_a$$

$I_a \propto u$ حالا



$$\frac{V I_a}{\downarrow \text{Input}} = \frac{I_a \cdot E_a}{\downarrow P_a} + \frac{I_a^2 R_a}{\downarrow \text{Copper losses}}$$

armature power

طاقة ميكانيكية P_a

• هناك جزء من الطاقة ينبع كلفة احتراك.

$$P_{out} = P_{sh} \underset{\text{shaft}}{\longrightarrow}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= V I_r \\ P_a &= E_b \cdot I_a \\ &\downarrow I^2 R \\ P_{fr.w} & \end{aligned} \quad \begin{aligned} P_{out} &= P_{sh} = T_{sh} \cdot w \\ &= T_L \cdot w \\ &= T_{out} \cdot w \end{aligned}$$

$$P_a = P_{fr.w} + P_{out}$$

Freaking Winding

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \rightarrow (\text{r.p.m})$$

rad/sec

14

→ Torque equation

* armature torque $\rightarrow T_a$

$$T_a = \frac{P_a}{\omega} = \frac{E_b \cdot I_a}{\frac{2\pi N}{60}} = \frac{\frac{P}{A} \phi Z \frac{N}{60} \cdot I_a}{2\pi \frac{N}{60}}$$

$$T_a = \frac{\frac{P}{A} \phi Z I_a}{2\pi}$$

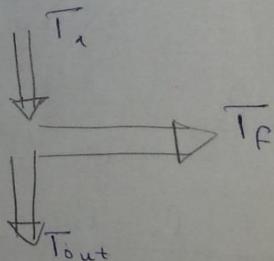
$$\boxed{T_a \propto \phi I_a}$$

. If ω increases ϕ

* Types of motor torque

$$T_{out} = T_L = T_{sh}$$

$$T_a = T_{out} + T_F$$



$$T_{out} = \frac{P_{out}}{\omega} \quad (N \cdot m)$$

$$T_F = \frac{P_f \cdot \omega}{\omega} \quad (N \cdot m)$$

18

at No-Load

$$P_{out} = 0, \quad T_{out} = 0$$

$$T_{a_0} = T_F$$

الناتج من
ـ العزم المأجوب
ـ فتح عجل الـ Breaktion
ـ يدور (armature)

$$T_{a_0} \propto \phi \cdot I_{a_0} \quad I_{a_0} \lll$$

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100$$

at no-load $\eta = 0$ ←
ـ الكفاءة الداخلية η_{int}
ـ تتحرج عن قيمة متفاوتة

$$P_{f.w} = E_{b_0} * I_{a_0} \rightarrow \text{Mechanical losses.}$$

$$E_{b_0} = V - I_{a_0} \cdot R_a$$

ـ أي (motor) في حالة (no load)
وعند التحويل تقل السرعة حتى تصل إلى العد الأقصى للتحويل

ـ motor يحتوقف إلى

$N_{F.L} \rightarrow$ Full load speed

$N_{n.L} \rightarrow$ no load speed

$$N_{n.L} > N_{F.L}$$

$$\% \text{ speed regulation} = \frac{N_{n.L} - N_{F.L}}{N_{F.L}} * 100$$

→ Torque and speed equation:-

$$T_a \propto \phi I_a$$

$$E_b = \frac{\rho}{A} \phi Z \frac{n}{60}, E_b = V - I_a R_a$$

$$\frac{\rho}{A} \phi Z \frac{n}{60} = V - I_a R_a$$

$$K_1 \cdot \phi N = V - I_a R_a \Rightarrow N = \frac{V - I_a R_a}{K_1 \cdot \phi}$$

$V \rightarrow \text{const.}$

assume $I_a R_a \ll \ll$

$$\therefore N \propto \frac{1}{\phi}$$

[15]

D.C Motor chls

i) Torque - Armature Current chls (T_a, I_a)

$$T_a \propto \phi I_a$$

ii) Speed - Armature current chls (N, I_a)

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

* D.C shunt Motor chls

i) T_a, I_a

$$T_a \propto \phi I_a$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

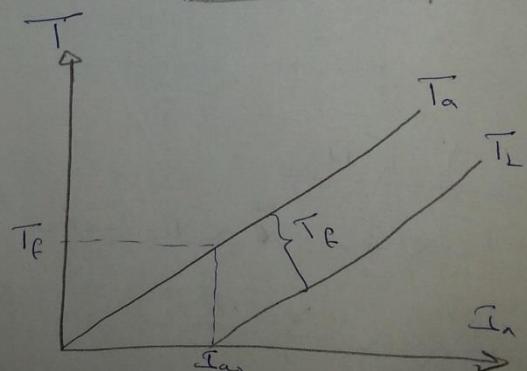
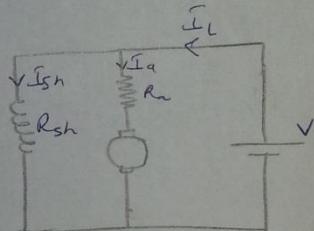
$$\phi = \text{Const.}$$

$$\text{if } R_{sh}, V \rightarrow \text{const}$$

$$\therefore I_{sh} \rightarrow \text{const}$$

$$\therefore \phi \rightarrow \text{const}$$

$$\boxed{T_a \propto I_a}$$



$$\boxed{IV}$$

← اذا كانت ϕ غير ثابتة بسبب الـ (armature reaction)
 التحويل يقل القوة المغناطيسية السريعة ولكن تظل السرعة بعدها
 $(V - I_a R_a)$ فيحدث تفازن وتظل N ثابتة.

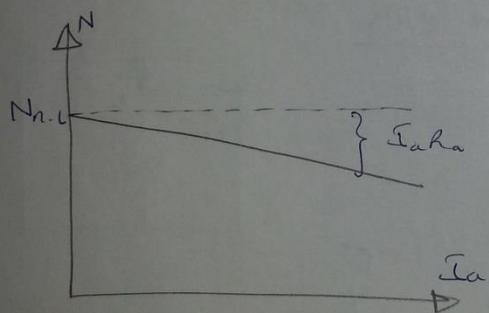
i) N, I_a

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

$$\phi \rightarrow \text{const.}$$

$$N \propto V - I_a R_a$$

كل زاد التحويل يقل السرعة بعدها
 $(V - I_a R_a)$



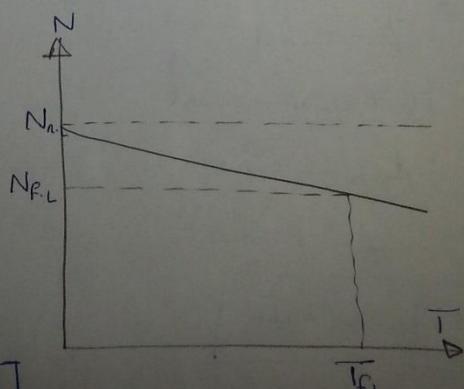
iii) T, N

$$T_a \propto I_a, N \propto V - I_a R_a$$

$$I_a \propto \frac{V - N}{R_a}$$

$$T_a \propto \frac{V - N}{R_a}$$

[1A]

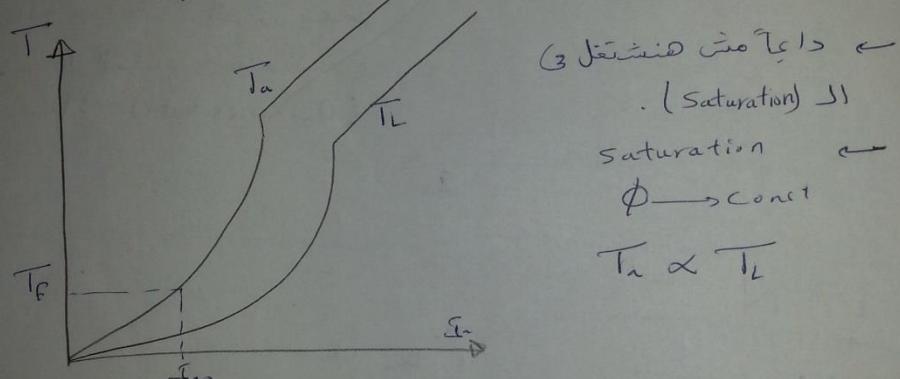
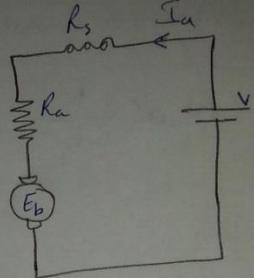


* Dc Series Motor Chls

i) T_a, I_a

$$T_a \propto I_a \phi$$

المحرك مع توليد الشحن هو $I_a = I_L + I_s$
التسليل يزداد I_a فيزداد التيار.



ii) N, I_a

$$N \propto \frac{V - I_a R_a - I_a R_s}{\phi}$$

$I_a R_a - I_s R_s \rightarrow$ very small

$$\phi \propto I_a$$

$$N \propto \frac{V}{I_a}$$

$I_a (R_a + R_s)$ مثقال

[19]

$$V \rightarrow \text{Const}$$

$$N \propto \frac{1}{I_a}$$

$$N \propto \frac{1}{\phi}$$

$N \Delta$

(no load) (Series motor) \leftarrow هى نعمت دوبل

التيار الذى سيعود ليسمح به هنرى فالسلاية تكون
عالية جداً فذلك المотор يتدمر.

كل الترددات (DC series Motor) \leftarrow
شuttle

$I_a \Delta$

$$\text{iii) } N, T$$

$$N \propto \frac{1}{I_a}, T \propto I_a^2$$

$$I_a \propto \sqrt{T}$$

$$\Rightarrow N \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$$

$N \Delta$

$T \Delta$

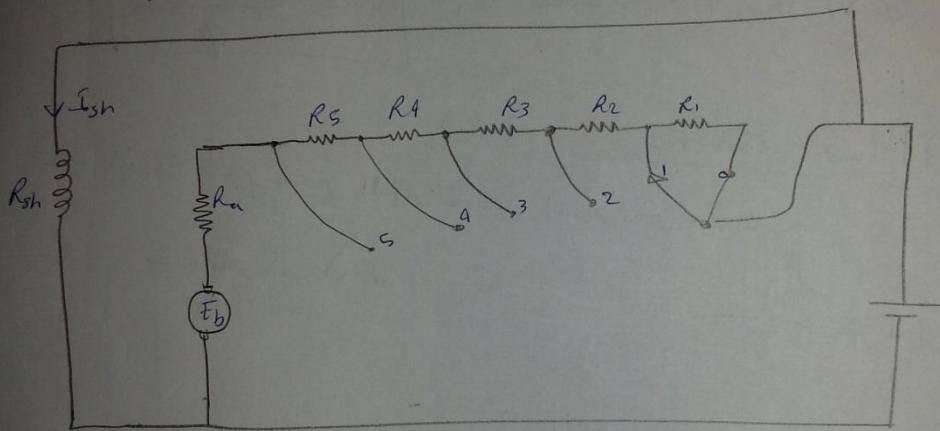
[C]

starting of D.C Motor

$$E_b = V - I_a R_a \rightarrow I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$$

at starting : $N = 0$

$$E_b = \frac{\rho}{A} \phi Z \frac{N}{60} = 0, I_{ast} = \frac{V - 0}{R_a}$$



$$I_{ast} = \frac{V - 0}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_a}$$

$$I_{a_s} = \frac{V - E_b}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_a}$$

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$$

(c)

Speed Control of D-C Motors

$$E_b = \frac{P}{A} \phi Z = \frac{N}{60}$$

$$E_b \propto \phi \cdot N \quad , \quad E_b = V - I_a R_a$$

$$\phi N \propto V - I_a R_a \Rightarrow \boxed{N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}}$$

a) Flux Control

الفيو يتغير بتغير التيار فتتغير السرعة مع المرونة.

$$N \propto \frac{1}{\phi}$$

N_{rat} للساعات الافتراضية

b) Rheostatic Control

$$\text{ذابت } \frac{I_a}{R_a} (R_a + R_{add})$$

مدة مفتوحة بالمرارة.

we can call this armature Control.

c) Voltage Control (v)

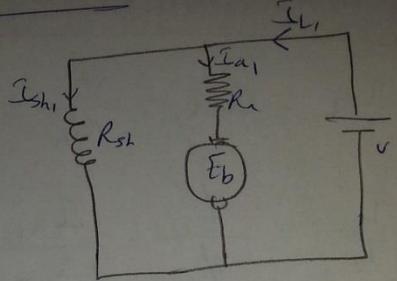
rated speed.

N_{rat} للساعات الافتراضية

SPEED CONTROL OF D.C. SHUNT MOTOR

a) Flux Control

$$I_{Sh_1} = \frac{V}{R_{Sh_1}}$$



$$I_{Sh_2} = \frac{V}{R_{Sh_2} + R_x}$$

$$\therefore N_2 > N_1$$

$$T_1 = K \cdot \phi_1 \cdot I_{a1}$$

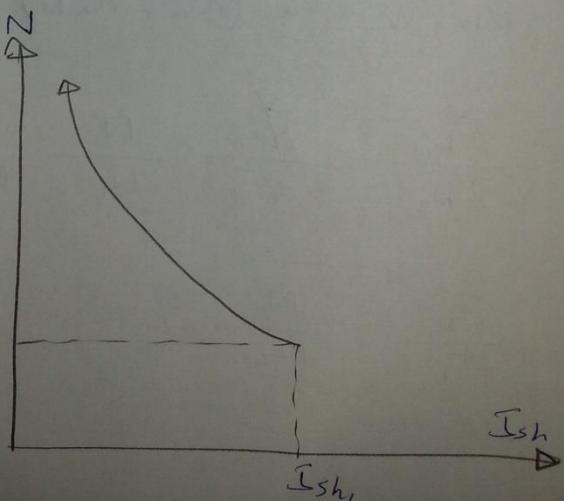
$$T_2 = K \cdot \phi_2 \cdot I_{a2}$$

at const. load Torque

$$T_{a1} = T_{a2}$$

$$\frac{T_{a1}}{T_{a2}} = 1 = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$

$$I = \frac{I_{Sh_1}}{I_{Sh_2}} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$



ANSWER

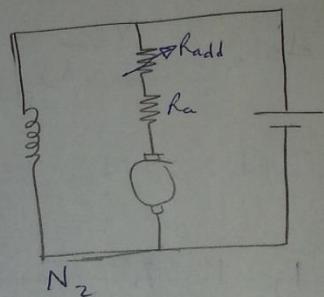
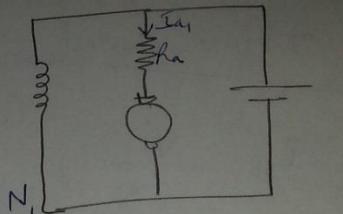
b) Rho static Control

$$I_{Sh_1} = I_{Sh_2} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{I_{a_1}}{I_{a_2}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{a_1}}{I_{a_2}}$$

if $T \rightarrow \text{const} \Rightarrow I_{a_1} = I_{a_2}$

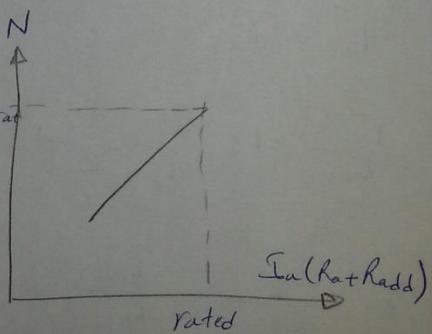


$$E_{b_1} = V - I_{a_1} R_a$$

$$E_b = V - I_{a_1} (R_a + R_{add})$$

$$\frac{E_{b_1}}{E_{b_2}} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{N_1}{N_2}$$

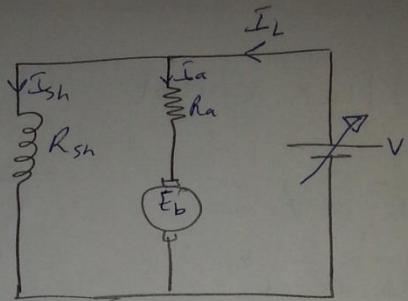
$$\boxed{\frac{E_{b_1}}{E_{b_2}} = \frac{N_1}{N_2}}$$



[RE]

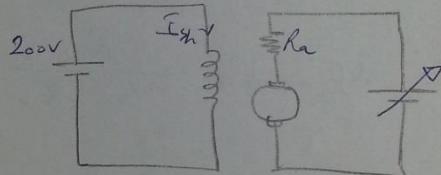
c) Voltage control

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$



- عند تغيير جهد ال Supply تتغير ملفات ال field.
- فيتغير المغناطيس وتتغير ملفات المغناطيس وهذا يعتبر سلبياً وواضح.
- لا يصح التغيير في ملفات ال shunt أو ال field.
- نقوم بتغيير الدارة بغير خارجي.

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \text{const}$$

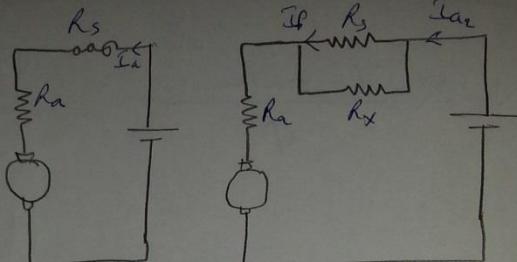


Speed Control of D.C Series Motor

a) flux control

$$T_a \propto \phi \cdot I_a$$

$$T_a \propto I_a^2$$



I] Field Diverters Method

R_s goes to R_x instead of R_a

$$\text{before } R_x \rightarrow I_f = I_s - I_x, E_{b1} = V - I_{a1}(R_s + R_a)$$

$$\text{Case:2} \quad I_{f2} = I_{a2} \times \frac{R_x}{R_s + R_x}$$

$$I_x = I_{a2} - I_{f2}, \quad E_{b2} = V - I_{a2}(R_a + R_x // R_s)$$

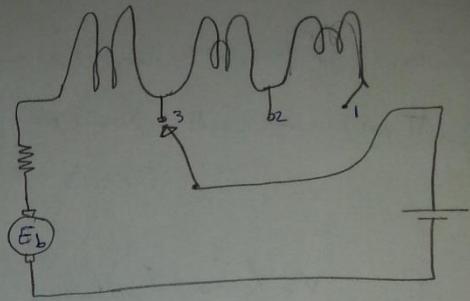
$$\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{N_1}{N_2} \xrightarrow{I_{f2}} \frac{I_{a1}}{I_{a2}} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}}$$

$$\frac{I_{a1}}{I_{a2}} = \frac{I_{a1}^2}{I_{a2} \cdot I_f}$$

[C.T]

② Tapped Field Method

لابد من وجود مجموعه
ملفات سوية يتم التغيير
بينهما كل معاً له حرفين



③ Series - Parallel Connection

$$\phi_1 \propto I_a \cdot 2N$$

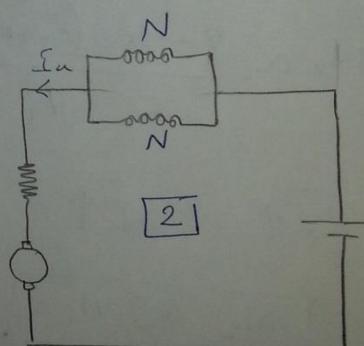
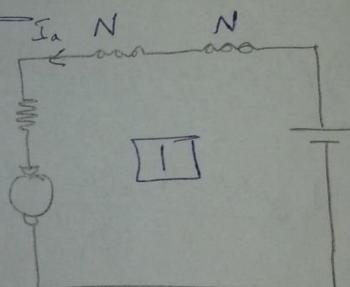
$$\phi_2 \propto \frac{I_a}{2} \cdot (2N)$$

$$\phi_1 \propto 2 I_a N$$

$$\phi_2 \propto I_a N$$

يجعلها لا تستطيع أن تأخذ الـ

السرعة وفقطها ولا شيء خلا ذلك.

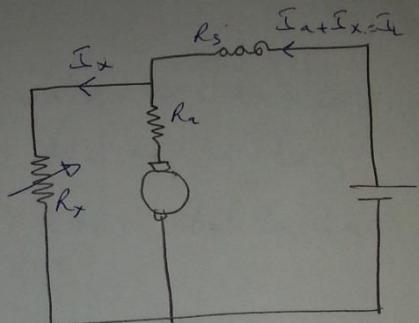


CV

a) Armature Diverter Control

نظام مغير تدفق المغناطيس
يتحكم في القوة المغناطيسية
من خلال المقاومة

$$I_x = \frac{V - (I_a + I_x)R_s}{R_x}$$



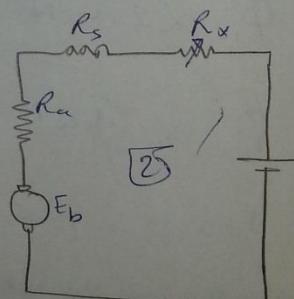
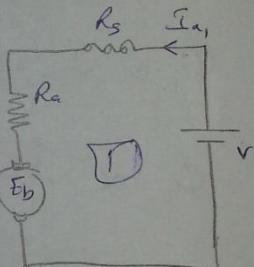
b) Rheostatic Control :-

$$N_1 \propto \frac{V - I_{a1}(R_a + R_s)}{\phi_1}$$

$$N_2 \propto \frac{V - I_{a2}(R_s + R_a + R_x)}{\phi_2}$$

$R_x \uparrow$ $N \uparrow$

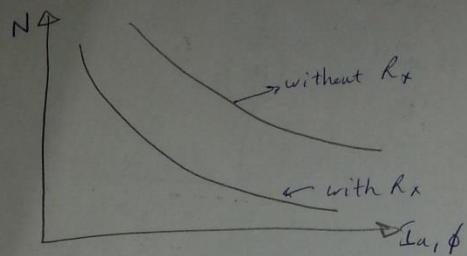
$$N_2 < N_1$$



CA

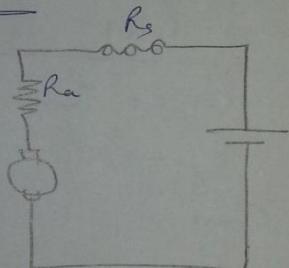
If $T \rightarrow \text{const}$

$$\therefore \phi_1 = \phi_2, I_{a1} = I_{a2}$$



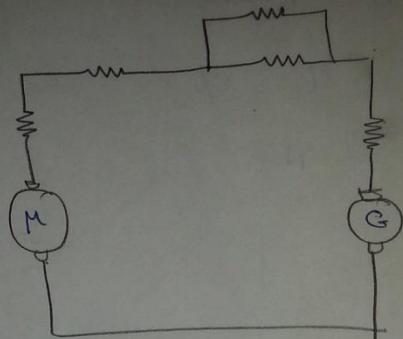
Applied Voltage Control

$$N \propto \frac{V - I_a(R_a + R_s)}{\phi}$$



[ca]

(Generator) يُجهز في
نوك G أو ∇ ١٥٠
(Motor) الاتجاه يتم تشغيله
بها.



$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}}$$

Const Variable
 Iron, F.w. Copper
 $\sum I^2 R$

الشرط الـ N1 فيه أن تكون كمية الـ P_{loss} متساوية ←

$$\eta_{max} \text{ at } \Rightarrow \boxed{\text{Const. losses} = \text{Variable losses}}$$

٣٠

CH 3, 4

by: mohammed Fathy

Ch: 3

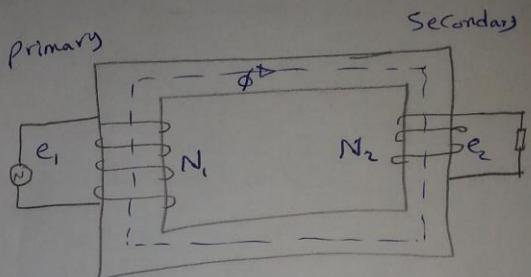
Transformer

جهاز يعمل على تحويل التردد المتردد مع ثبات التردد

$$\phi = \phi_{\max} \sin(\omega t)$$

$$e_1 = N \frac{d\phi}{dt}$$

$$= N_1 \phi_m \omega \cos \omega t$$

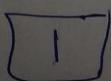


$$E_1 \propto \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} \propto 4.44 \phi_m N_1 f$$

$$E_2 \propto 4.44 \phi_m N_2 f$$

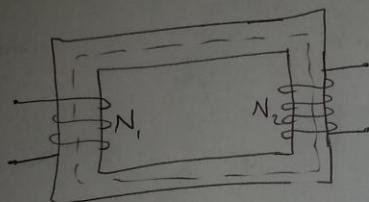
$$\frac{E_1}{E_2} \propto \frac{N_1}{N_2}$$

≠ DC the day عالي التردد



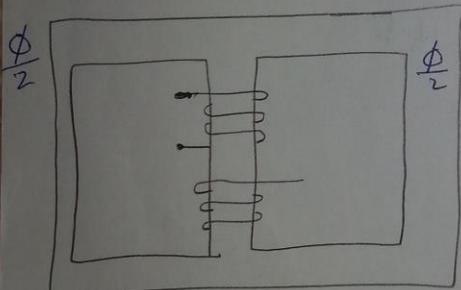
Types of transformer

Core type



أدنى في حالة التهود الكبير لأنها
تحتوى على عازل كهربائى و الملفات
متابعة غير بعضها يسهل العزلة.

Shell type



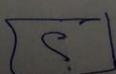
أدنى من (Core)
فإن الفيصل يتوزع على الاثنتين لأن
الاثنتين على بعض بالطبع.

Power transformer

سيستخدم في القدرة العالية لأنها يفرم بنقل قدرات.

measure transformer

سيستخدم مع القدرة المنخفضة لأنها يقاس الجهد فحصا.



Ideal transformer on No Load

iron losses = 0

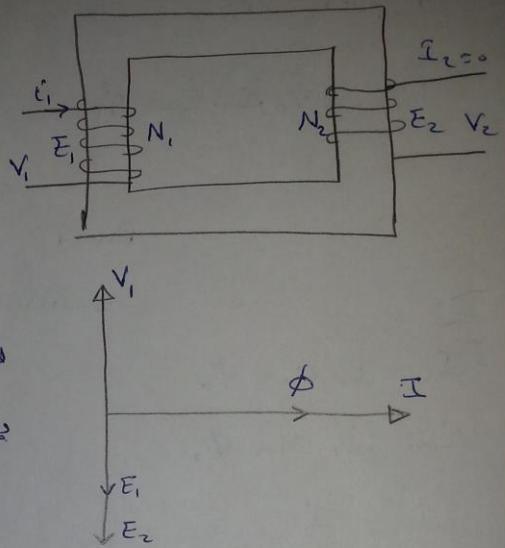
$R_1 = R_2 = 0$

Copper losses = 0

$N = \infty$

(Phasor diagram)
لا يوجد مقايد لذلك تكون الـ

هذا التكمل.

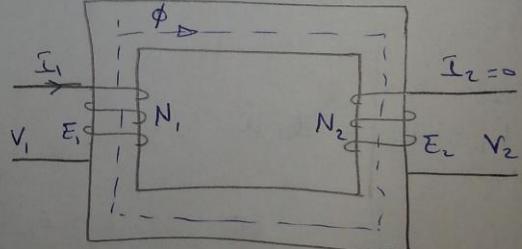


Practical Transformer on No Load :-

لذلك يتم سحب تيار من المغناطيسية المقايد.

(Power) المغناطيسية المقايد

P_{iron} و



$$.19 - 0.0007 V M N$$

٣٣

at No Load

$$P_{in} = P_i = P_{iron}$$

$$P_{iron} = V_1 I_1 \cos \phi$$

موجد جزء

أ- جزء معنوي (I_c) مسؤول عن ال Power .

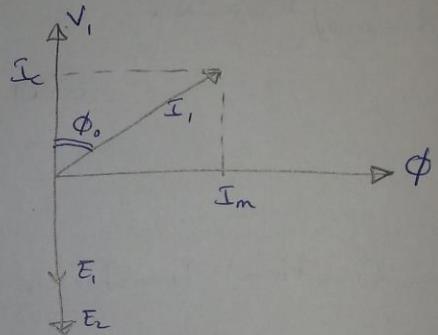
ب- جزء تفريغ (I_m) مسؤول عن توليد الفريغ .

$$I_c = I_1 \cos \phi_0$$

$$I_m = I_1 \sin \phi_0$$

$$I_1 = I_0$$

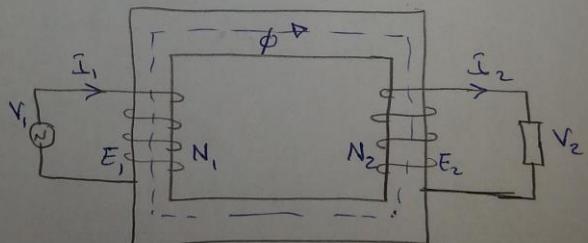
(3) ~~التيار المتصوب~~ $\rightarrow I_0$ المجهول
(at No Load)



Transformer at loading

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_2 + \bar{I}_0$$

نحو



E

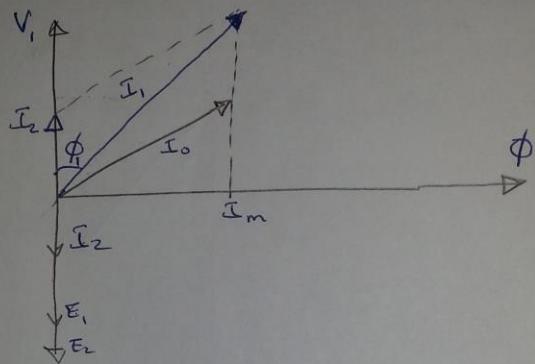
نحو نوع التحويل بنوع الـ Power factor

a) unity Power Factor

$I_2, V_2 \rightarrow$ in Phase

التحويل عبارة عن معاوقة

$I_2 \rightarrow V_2$



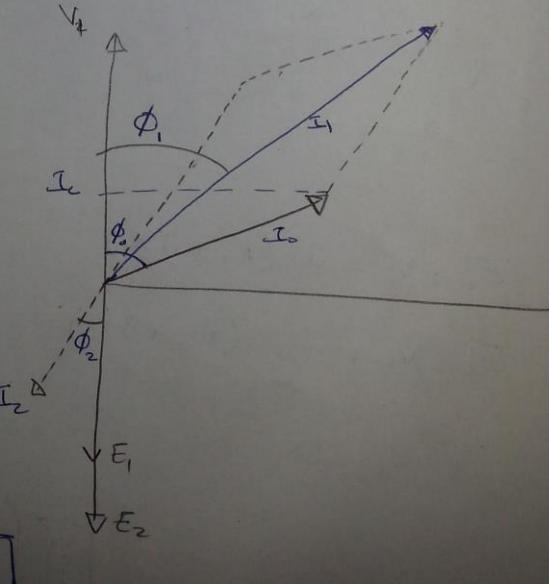
b) lag ~~unity~~ Power Factor

ملا، معاوقة

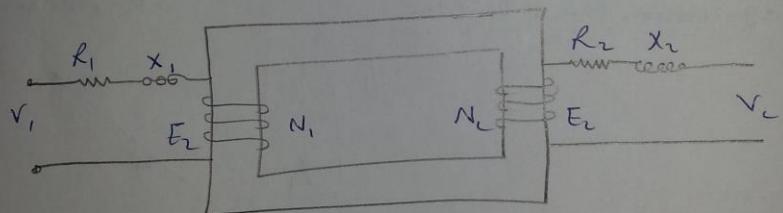
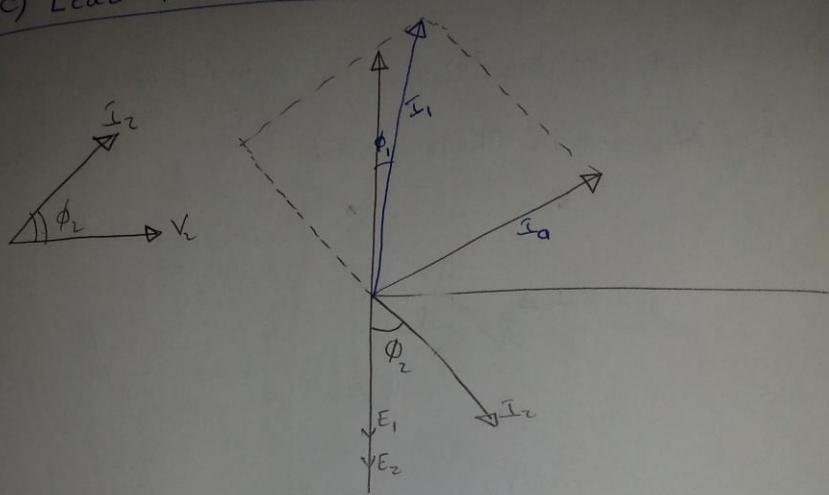
ϕ_2

V_2

I_2



c) Lead Power Factor



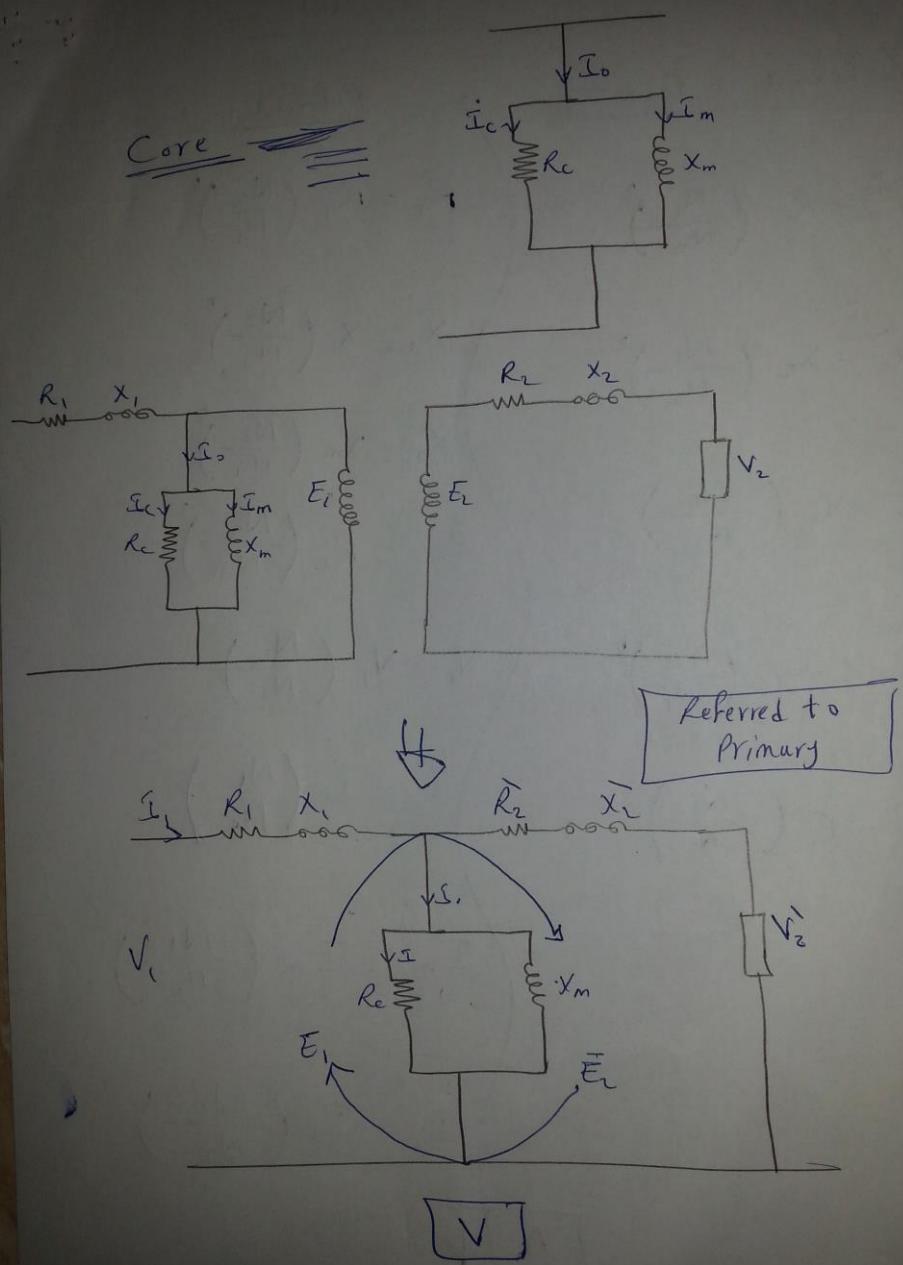
$$E_1 = V_1 - I_1 (R_1 + jX_1)$$

$$E_2 = V_2 + I_2 (R_2 + jX_2)$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2$$

T



العوامل

Referred to Primary

$$\bar{R}_2 = R_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\bar{x}_2 = x_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\bar{V}_2 = V_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$\bar{I}_2 = I_2 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{E}_2 = E_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

Referred to Secondary

$$\bar{R}_1 = R_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{x}_1 = x_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{x}_m = x_m \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

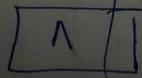
$$\bar{R}_c = R_c \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\bar{V}_1 = V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

$$\bar{I}_c = I_c \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$\bar{I}_m = I_m \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$\bar{I}_1 = I_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$



At referred to Secondary

$$P_2 = V_2 I_2 \cos \phi_2, P_1 = V_1 I_1 \cos \phi_1$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_{\text{iron}} = I_c^2 R_c$$

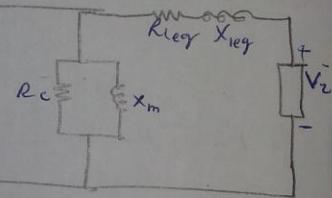
$$P_{\text{cu}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_2^2 R_2$$

$$P_1 = P_2 + P_{\text{iron}} + P_{\text{cu}}$$

Voltage regulation

$$\% \text{V.R} = \frac{V_{n-L} - V_{F-L}}{V_{F-L}} * 100$$

Ref. to Primary

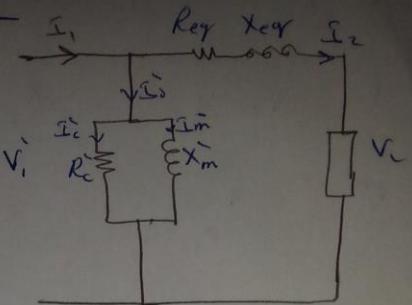


$$V_1 - V_2 = I_2 (R_{\text{leak}} + j X_{\text{leak}})$$

$$\% \text{V.R} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} * 100$$

Q

if referred to secondaries



$$V_{n.L} = \tilde{V}_1$$

$$V_{F.L} = V_2$$

$$V.R_s \frac{\tilde{V}_1 - V_2}{V_2}$$

$$\tilde{V}_1 - V_2 = I_2 (R_{leak} + jX_{leak})$$

(transfer impedance) ~~for each winding~~ \Rightarrow voltage regulation

$$V.R \equiv R = \frac{I_2 R_{leak} \cos \theta \pm I_2 X_{leak} \sin \theta}{V_2}$$

+ \rightarrow lag

- \rightarrow lead

[1-]

Types of transformer losses

$$\textcircled{1} \text{ Copper losses} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

$$\text{or (in approx.)} = I_1^2 R_{\text{eq}} = I_2^2 R_{2\text{eq}}$$

② Iron losses

$$P_{\text{iron}} = P_{\text{core}} = \mu I_c^2 R_c$$

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \leq \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{out+losses}}} \leq \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{V_2 I_2 \cos \phi + P_{\text{iron}} + P_{\text{cu}}}$$

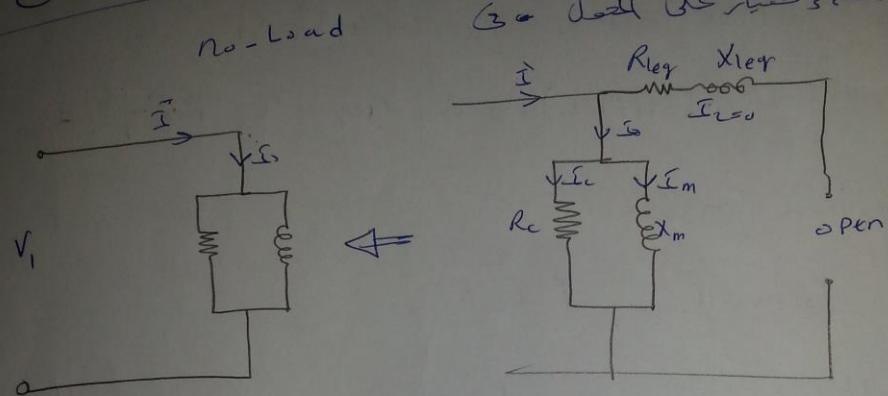
$$S(\text{Apparent power}) = VI$$

$$\eta = \frac{s \cos \phi}{s \cos \phi + P_{\text{iron}} + P_{\text{cu}}}$$

$$\eta = \frac{n \cdot s \cdot \cos \phi}{n \cdot s \cdot \cos \phi + P_i + (n)^2 P_{\text{cu}}}$$

[11]

1) Open circuit test (o.c.t) or No Load test
No Load \rightarrow خسته علی



↑ نفخ بخار (Full load) على المحرر

نحو بتسهيل ٣ قم (عليها)

Copper losses \rightarrow نفوم بارسل

at No-load we have P_{iron}

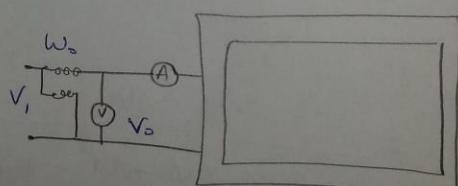
w_0	ζ_0	v_0
Piron		v_1

$\cos \phi_0$ → No Load P.F

$$I_{CS} I_{DCS} \propto \phi_0$$

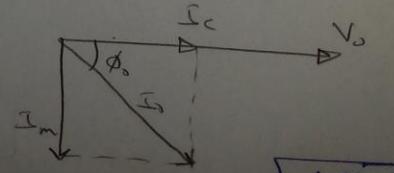
$$I_m = I_0 \sin \phi$$

$$\rho_i = \omega_o = V_o I_o \cos \phi$$

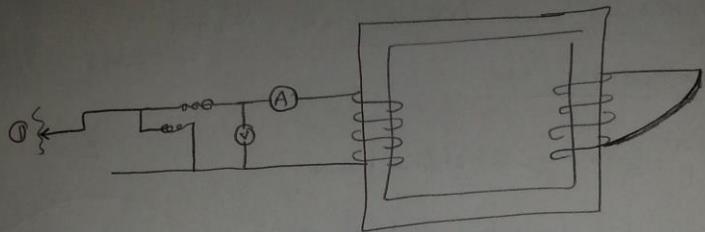


$$\phi_s = C_s^{-1} \left(\frac{p_i}{v_0 I_s} \right)$$

$$R_C = \frac{V_o}{I_C} \quad , \quad X_m = \frac{V_o}{X_m}$$



[2] Short circuit test

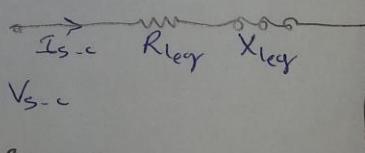


دفتور يفتح جبهه فتغير عرضه وفتحه
جزء من الميدان متغير من الأصوات
Full Load

I_{sc} ← التيار في المكابس الذي يعدل فيه (V_{sc}) سواد (side) (side) (high)

$X_m + R_c$ دفتور يفتح

$$P_{sc} = P_{cupL} \leq I_{sc}^2 R_{leak}$$



$$R_{leak} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$Z_{leak} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \sqrt{R_{leak}^2 + X_{leak}^2}$$

V_{sc}	I_{sc}	R

$$P_{sc} \rightarrow P_i$$

$$\beta_a P_{cu} \rightarrow P_{sc}$$

[13]

Ch. 4

Three-Phase induction Motor

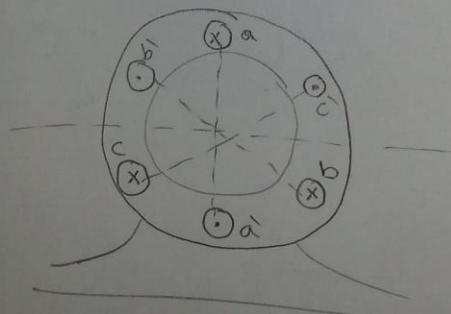
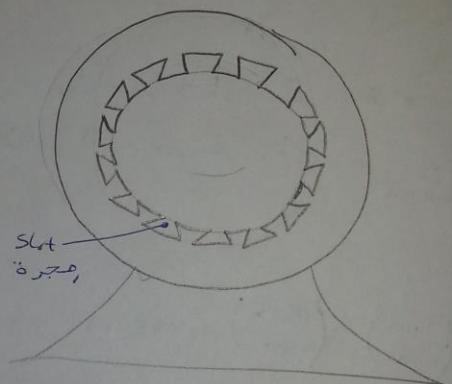
*stator

Silicon
steel

المغناطيس

(Eddy Currents) coated lamination

و يتم تشكيلها على هذا الشكل



13

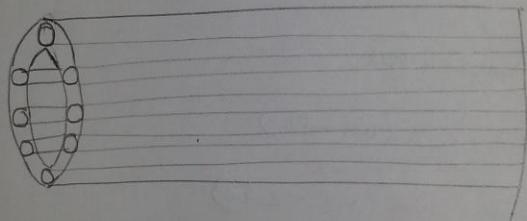
Rotor

① squirrel cage rotor

② Slipping or wound rotor

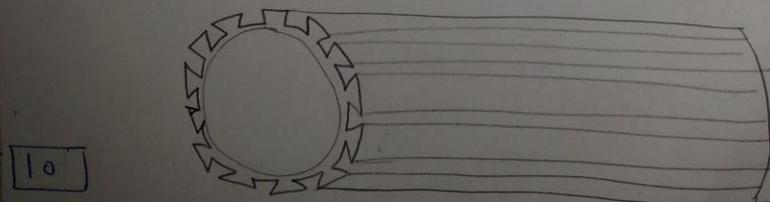
I) Squirrel Cage rotor

هي إسطوانة ممتدة على محور دورانه مغناطيسية من الحديد عبارة عن شرائح متsequلة لتخفيض (eddy current) وهي بعفون للا لامات تكون مغناطيسية محفورة بها أنساخ من الحديد او (النحاس).



II) Slipping or wound rotor

هي إسطوانة من الحديد محفورة على سطحها (خارجي) مجاري فلوك (Rotor) يلف عليه تيار ديناميكي (dc motor) القابض



ديود ٩٦ ملليات ، زمامران ، stator ، rotor ، الباب ، القابض

نفخة (Squirrel cage) ←

أو أسلوب الموطأة.

الأخير سار (wound)

الأول لا تذكر صيغة كما (wound)

يسخدم في الأبحاث بشكل أكبر

فكك العجل

لابد من عدم ارتفاع طبقة الفيسبوك الداخل

الفيسبوك يتغير بتغير التيار.

$$i_a = I_m \sin \omega t$$

$$i_b = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_c = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$\phi_a = \phi_m \sin \omega t$$

$$\phi_b = \phi_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$\phi_c = \phi_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$\phi_t = \phi_m (\sin(\omega t) + \sin(\omega t - 120^\circ) + \sin(\omega t - 240^\circ))$$

17

$$= \Phi_m \left[\sin(\omega t) + \sin(\omega t) \cdot \cos 120 - \cos(\omega t) \cdot \sin(120) \right. \\ \left. + \sin(\omega t) \cdot \cos(240) - \cos(\omega t) \cdot \sin(240) \right]$$

$$\text{mmf} (\text{m.m.v}) = Ni$$

Production of rotating magnetic Field

$$i_a(t) = I_m \sin(\omega t)$$

$$i_b(t) = I_m \sin(\omega t - 120^\circ), \quad i_c(t) = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

$$\phi_a(\theta) = \Phi_m \sin \theta \quad \text{and so on with } \phi_b(\theta), \phi_c(\theta)$$

$$F_a = F_m \sin \omega t \cdot \sin \theta \quad \text{and so on } F_b, F_c$$

$$F_T = F_m \left[\begin{array}{l} \sin(\omega t) \sin \theta + \sin(\omega t - 120^\circ) \\ * \sin(\theta - 120^\circ) + \sin(\omega t - 240^\circ) \\ * \sin \cancel{\text{---}} (\theta - 240^\circ) \end{array} \right]$$

[IV]

$$= f_m \left[\frac{1}{2} [\sin(\omega t + \theta) + \sin(\omega t - \theta)] + \frac{1}{2} [\sin(\omega t + \theta - 24^\circ) + \sin(\omega t - \theta)] + \frac{1}{2} * [\sin(\omega t - \theta - 12^\circ) + \boxed{\sin(\omega t - \theta)}] \right]$$

$$f_t = \frac{3 f_m}{2} \sin(\omega t - \theta) \quad \text{and } N_s = \frac{120f}{p}$$

$N \rightarrow$ rotor speed, $N_s \rightarrow$ speed of MMF

$$\text{slip} = s \quad (\text{نسبة المغادرة})$$

$$\text{slip} = \frac{N_s - N}{N_s} = s$$

$$\text{at stand still} \quad N = 0$$

$$\rightarrow s = 1$$

$$\text{at running:} \quad N_s = 3000 \text{ R.P.m} \\ N = 2950 \text{ R.P.m}$$

$$\therefore s = 0.016$$

$$0 < s \leq 1$$

[IN]

f = Supply frequency

50 or 60 Hz

$f_r \rightarrow$ rotor E.m.f Frequency

$$N_s = \frac{120f}{P} \quad \textcircled{1}$$

$$N_s - N = \frac{120f}{P} \quad \textcircled{2}$$

$$\frac{N_s - N}{N_s} = \frac{120f_r/P}{120f/P} \Rightarrow \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{f_r}{f}$$

$$\boxed{f_r = sf} \quad (\text{rotor frequency}) \quad \text{BUT } s$$

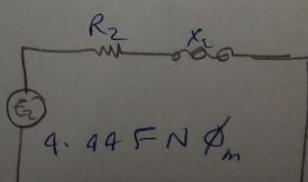
at stand still $s=1$

$X_2 \rightarrow$ rotor reactance at stand still

$R_2 \rightarrow$ rotor resistance at " " =

$E_2 \rightarrow$ rotor em.f " " "

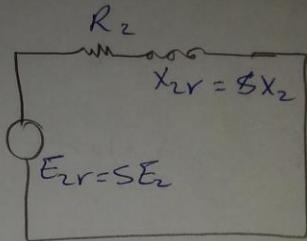
19



at running

$$E_{2r} = 4.44 f_r N \phi_m$$

$$= 4.44 \times 5 f N \phi_m$$



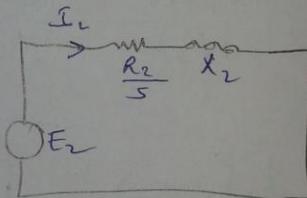
$$\boxed{E_{2r} = 5E_2}$$

$$X_2 = 2\pi f L_2$$

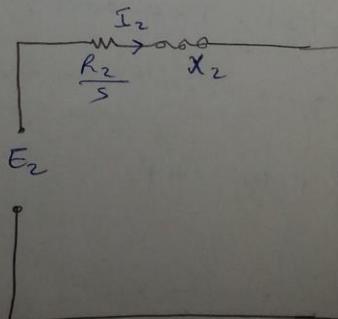
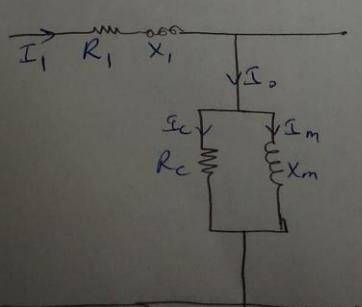
$$X_{2r} = 2\pi f_r L_2 = 2\pi s f L_2 \quad \boxed{X_{2r} = 5X_2}$$

*

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{5}\right)^2 + X_2^2}}$$

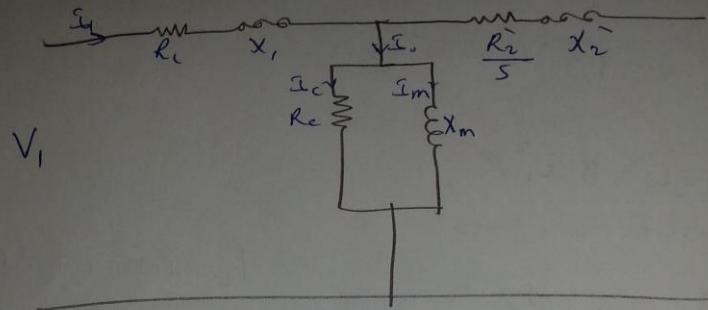


Equivalent

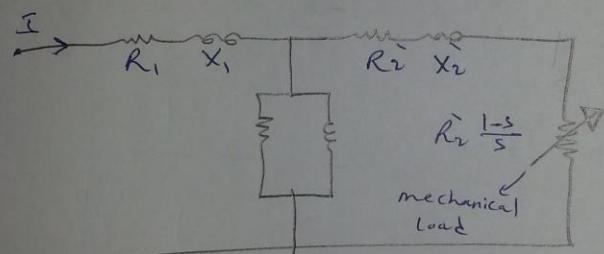


R.

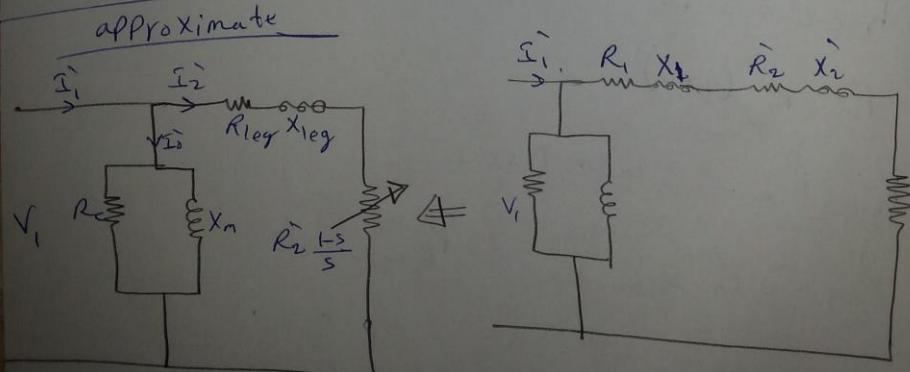
referred to Stator



$$\hat{R}_2 \frac{1-s}{s} = \hat{R}_2 + R_2 \frac{1-s}{s}$$



approximate



Q1

Input power = $P_{in} = 3V_1 I_1 \cos\theta$

$$P_{in} = \sqrt{3} V_L I_1 \cos\theta$$

$$P_{s.c.l.} = 3 I_1^2 R_1$$

↳ stator copper losses

$$P_c = I_c^2 R_c$$

↳ core losses

P_2 → stator input power

$$P_2 = 3 I_2^2 \frac{R_2}{s}$$

$$P_m = P_d = 3 I_2^2 R_2^2 \frac{1-s}{s}$$

$$P_{out} = P_m - P_{f.w}$$

~~$P_{r.c.l.}$~~

$$P_{r.c.l.} = s \cdot P_2$$

$$P_m = P_2 (1-s)$$

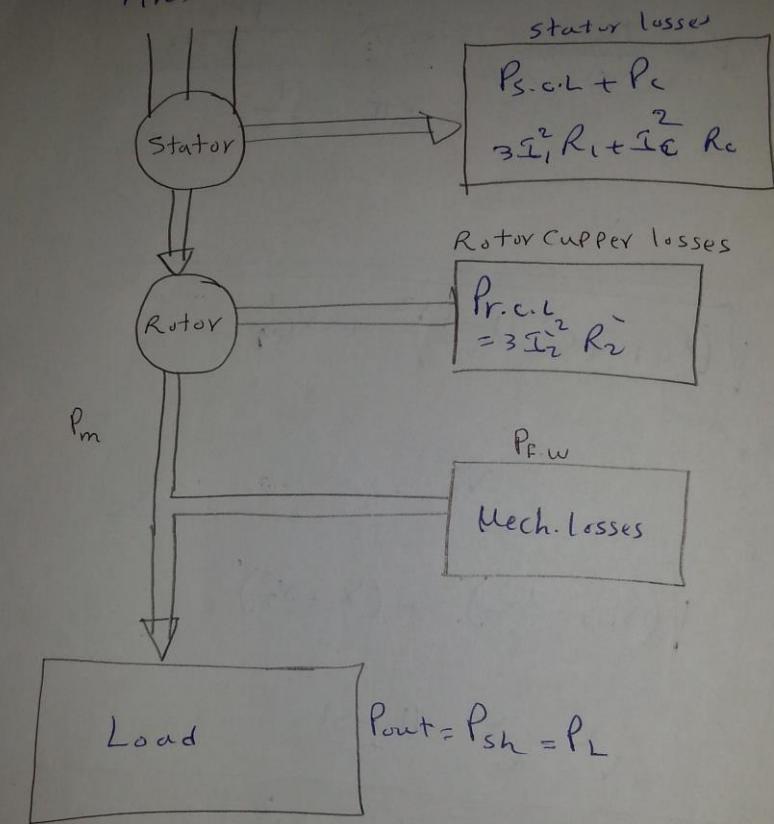
$$P_2 = P_{in} - \text{stator losses}$$

$$P_{out} = P_{\text{mechanical}} - P_{f.w}$$

[CS]

3-Φ Induction motor Power Flow

$$P_{in} = 3V_1 I_1 \cos\phi$$



[CP]

Torque

$$T_m = T_d = \frac{P_m}{\omega} = \frac{3 I_2^2 R_i \frac{1-s}{s}}{2\pi \frac{N}{60}}$$

$$I_2 = \frac{V_1}{\sqrt{(R_{leq} + R_i \frac{(1-s)}{s})^2 + X_{leq}^2}}$$

$R_1 + R_i$ ←

$$I_2 = \frac{V_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_i}{s})^2 + (X_1 + X_2)^2}}$$

$$T_m = \frac{3 V_1^2 R_i \frac{(1-s)}{s}}{\omega (R_1 + \frac{R_i}{s})^2 + (X_1 + X_2)^2}$$

$$\omega = 2\pi \frac{N}{60}$$

$$\omega_s = 2\pi \frac{N_s}{60}$$

$$s = \frac{N_s - N}{60}$$

$$\omega = \omega_s (1-s)$$

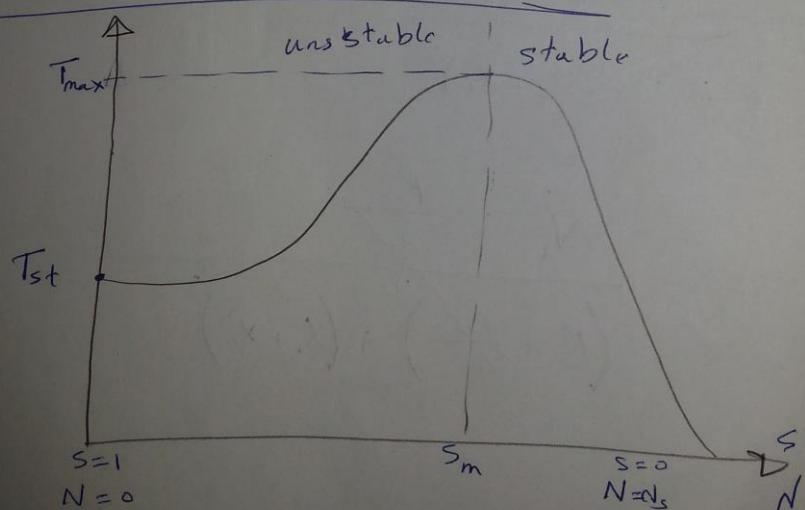
CE

$$T_m = \frac{3V_1^2 R_2 \frac{(1-s)}{s}}{\omega_s (1-s) \left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + \frac{2\pi x_2}{s} (x_1 + x_2)^2}$$

$$\boxed{T_m = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_1^2 \frac{R_2}{s}}{\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2)^2}} *$$

$$T_{out} = T_{sh} = T_L = \frac{P_{out}}{\omega} = T_m - T_{f.w}$$

Torque-speed characteristics



$T_{st} \rightarrow$ starting torque

[90]

T_{st}

$\therefore T_m$ at $N=0, S=1$
* الاتجاه المطلق

$T_{max} \Rightarrow T_m$ at S_m

$$\frac{\partial T_m}{\partial S} = 0$$

S_m لآن علاقه

$$S_m = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2)^2}}$$

$$T_{max} = \frac{3}{w_s} \frac{V_i^2 \frac{R_2}{S_m}}{\left(R_1 + \frac{R_2}{S_m}\right)^2 + (x_1 + x_2)^2}$$

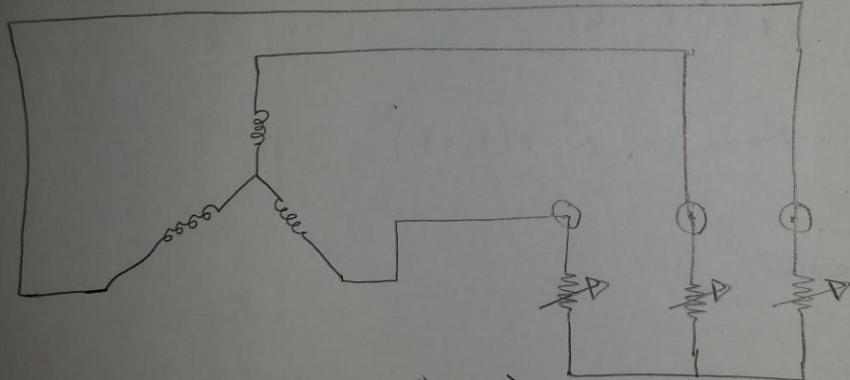
[CT]

T_{FL}

$$T_{FL} = \frac{3V_1^2}{\omega_s (R_1 + \frac{R_2}{S_{FL}})^2 (X_1 + X_2)^2} , S_{FL} = \frac{N_s - N_{f.L}}{N_s}$$

* Effect of change in rotor resistance on torque

• \rightarrow slipping rotor $\Rightarrow C \rightarrow 1$



$$T = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_1^2 \left(\frac{R_2 + R_{add}}{s} \right)}{\left(R_1 + \frac{R_2 + R_{add}}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2}$$

$T_{max} \rightarrow \text{const}$

$T_{FL} \rightarrow \text{decrease}$

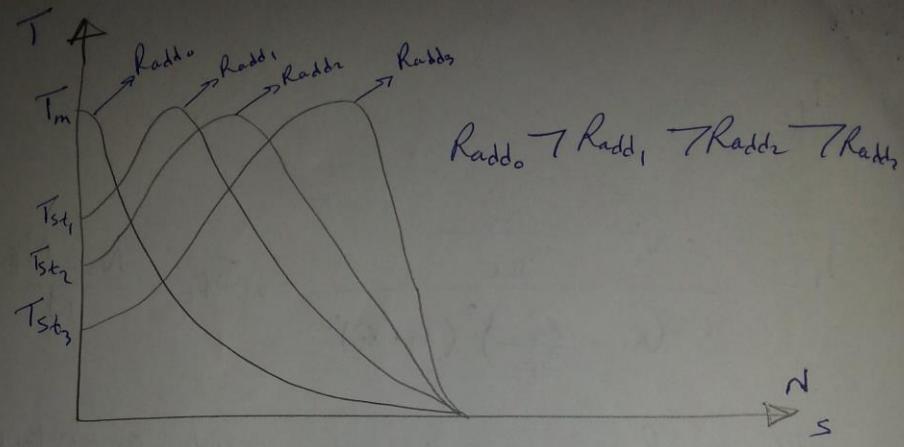
$T_{st} \rightarrow \text{increase}$

$S_m \rightarrow \text{increase}$

$$\beta_{fr} \quad T_{max} = T_{st}$$

$$S_m = 1$$

CV



$$S_m = \frac{R_i + R_{add}}{\sqrt{R_i^2 + (x_i + x_i)^2}} = 1$$

$$R_i + R_{add} = \sqrt{R_i^2 + (x_i + x_i)^2}$$

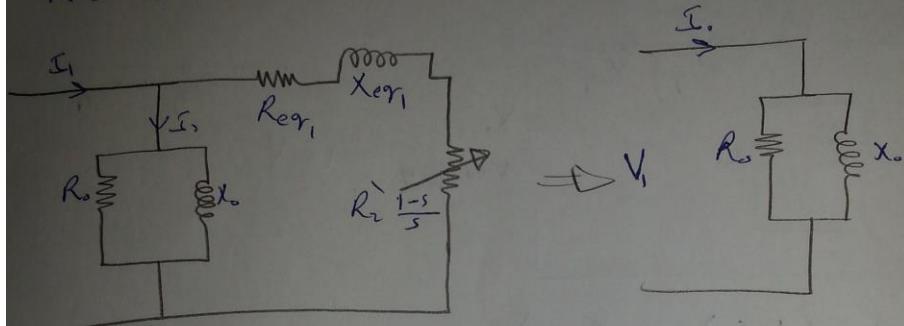
~~R_i~~

[CN]

[1] No Load test

$$N \approx N_s \rightarrow s = 0$$

متحركة باعتباره يدور Rotor



نريد أن نحسب العذر التيار و القدرة.

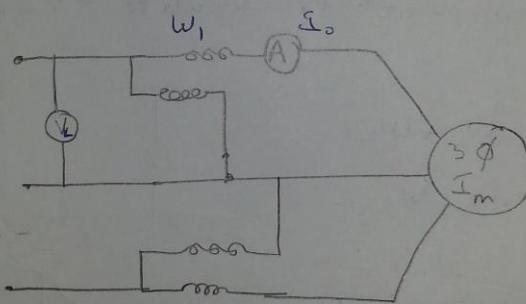
$$\omega_0 = \omega_1 + \omega_2$$

$$I_0 = \sqrt{}$$

$$V_L = \text{line voltage}$$

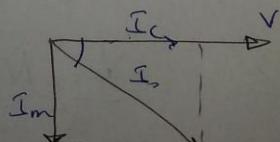
$$\omega_0 = \sqrt{3} V_L I_0 \cos \phi_0$$

$$\phi_0 = \cos^{-1} \left(\frac{\omega_0}{\sqrt{3} V_L I_0} \right)$$



$$R_o = \frac{V_L / \sqrt{3}}{I_c}, \quad X_o = \frac{V_L / \sqrt{3}}{I_m}$$

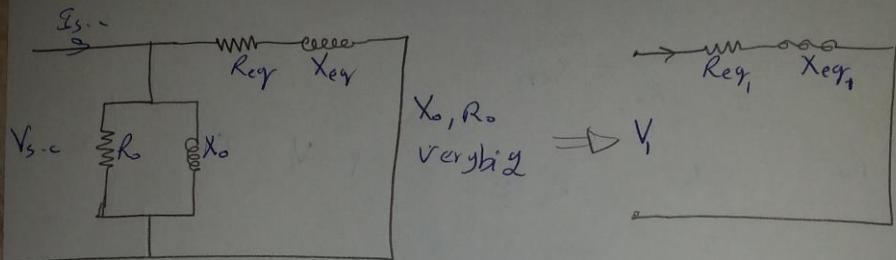
$$I_c = I_0 \cos \phi_0, \quad I_m = I_0 \sin \phi_0$$



29

Q2] Blocked rotor test (s.c)

$$N=0, S=1$$



$$R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) = 0 \text{ (s.c)}$$

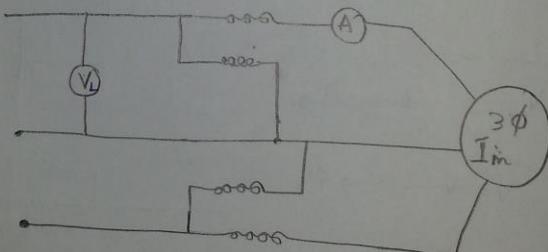
→ we want to calculate $W_{s.c}, W_{s.c} \text{ (line), } I_{s.c}$

$$W_{s.c} = w_1 + w_2$$

$$\mathcal{E}_{s.c} = V, V_{s.c} = V$$

$$W_{s.c} \geq I_{s.c}^2 R_{eq1}$$

$$R_{eq1} = \frac{W_{s.c}}{3 I_{s.c}^2}$$



$$Z_{s.c} = \frac{\sqrt{V_{s.c} / \sqrt{3}}}{I_{s.c}} = \sqrt{R_{eq1}^2 + X_{eq1}^2}$$

$$X_{eq1} = \sqrt{Z_{s.c}^2 - R_{eq1}^2}$$

[Ans]

$$\% \text{ } l = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100$$

$$P_{out} = h \cdot P \Rightarrow (h \cdot P = 746 \text{ W})$$

$W_{S.C.}$: Pm at full load.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + losses}$$

$$\eta = \frac{P_{out,PL}}{P_{out,PL} + w_o + w_{s,c}} * 100 \quad (\text{at full load})$$

$$\eta_n = \frac{P_{out,PL} * n}{P_{out,PL} * n + W_0 + n^2 W_{s.c}} * 100$$

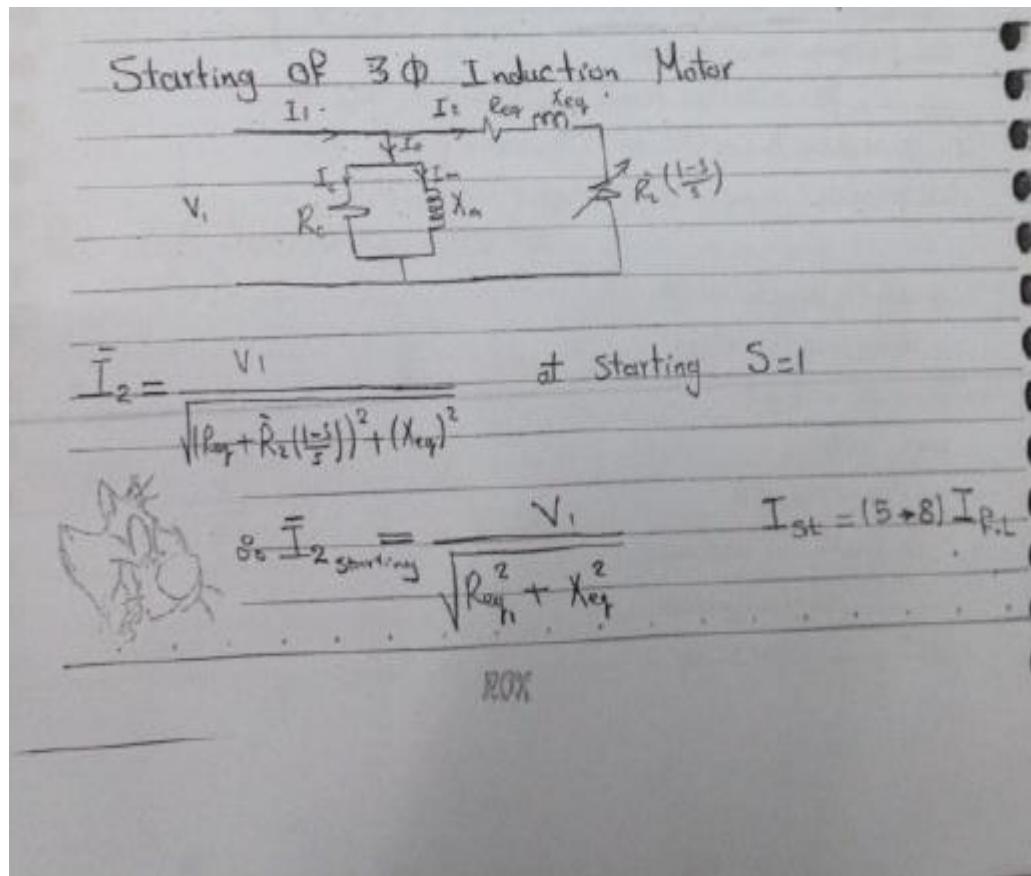
۴۱

→ starting of 3ϕ Induction motor

هذا الجزء متواجد في
ملفات العام المعاشر

[٣٢]

تم جمعها من ملفات العام الماضي :

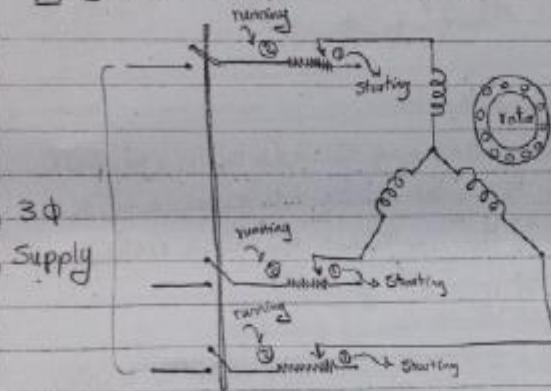


خطوة على المحرر (3-5) = أدنى سحب تيار من 5 إلى 8 أضعاف
المotor من load لذا يمكنا إيجاد طرق لتقليل التيار المضطري عند لحظة
بسالة على المحرر

→ There is 5 ways to make starting to reduce its starting current.

- 1 Stator resistance Starter ← كل محرر له طرق مماثلة لـ Starting
- 2 Auto transformer Starter
- 3 Star delta Starter
- 4 rotor resistance Starter
- 5 Direct on line Starter (D.O.L)

1 Stator resistance Starter

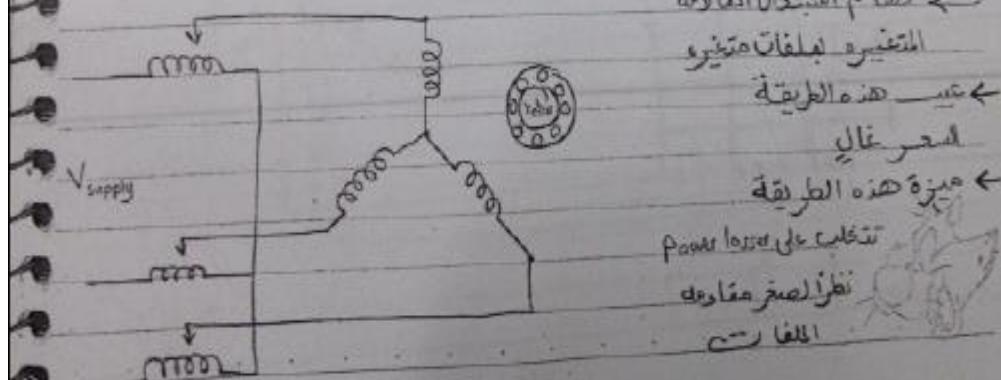


تقدر هذه الطريقة على وضع
مقاومة متغيرة عند علامات
Stator

عيوب هذه الطريقة:
1- انتشار لحظة Start يكون أكبر
حالاً عذراً تكون أسرع
2- المقاومة المتغيرة المستمرة
 تكون لها Power Loss لاحتياط التيار
 الكسر لحظة البداية وبالتالي حبها
 يزيد و كذلك التكلفة قد يصل إليها إلى اضطراف حجم المركب منه

3- عن علامة D التيار فيه عزز، الباقي Starting Torque، فإن
 للاختصار هذه العيوب تلخص في الطريقة الثانية

2 Auto transformer Starter



هذا تم استبدال القاومه
المتغير بلفقات متغيرة
عن هذه الطريقة

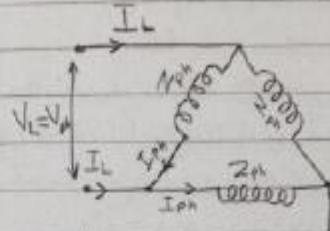
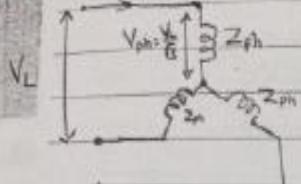
عيوب هذه الطريقة
تنقليل على lesser power
نظر لصغر مقاومة
اللفات

③ Star delta Starter

→ This way is the most used

We Know

$$\overline{I_L} = I_{ph}$$



$$T_{\text{phy}} = T_{L_y} = \frac{v_{ph}}{Z_{ch}} =$$

$$I_{phD} = \frac{V_{ph}}{Z_{ph}} > \frac{V_L}{Z_{ph}}$$

$$\text{Then } \rightarrow I_{\text{phy}} = \frac{I_{\text{ph}} \Delta}{\sqrt{3}}$$

$\sqrt{3}$ عوامل T_{phy} اصغر من T_{phy}

لذا في حالة العذر، كان الذي تحمى على وهم ٥، لخطة الله توجه المفاسد

على الوضوء لا يقل الماء ثمان ذيول لها صفة قاصدة إلى ذلك، فحسب، على

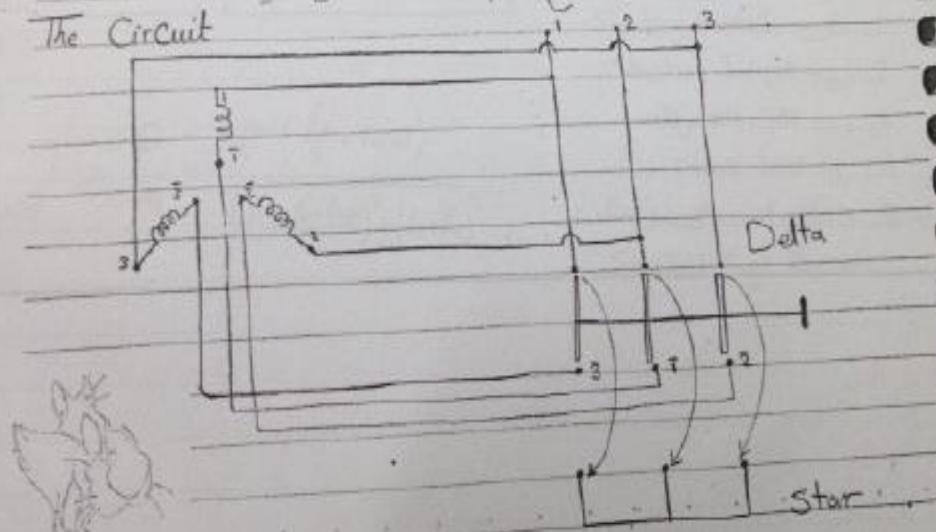
أعلى عزم حيث أن $I^2 \propto T$ وبالتالي فإن العزم في حالة لا

$$T_y = \frac{1}{k} T_0 \quad \leftarrow \text{نکته مذکور حالت}$$

وهذا العرض في حالته ٥ يمثل ٣ أضياف العزاء في حالة ٢

نے لے جائیں Star : Y. ڈھنڈا

The Circuit



مميزات هذه الطريقة

+ لا يوجد مطابق

- التكلفة أقل وهم المحرك ثابت

عيوب هذه الطريقة

1- على المOTOR قلل التيار وبالتالي العزم يقل هنا العزم

مشتركة في كل الطرق لذا عند عمل Starting لا بد من فرمان

أو Torque 1 كبر من Torque 0 load حتى لا يترك

المotor لأنه يصعب تيار كبير

→ لاحظ أن المفتاح ينفصل بين Star و Delta مفاهيمها

حيث أنه في حالة انقطاع التيار الكهربائي والمotor يعمل لا بد من

نفاد المفاتيح حتى النوع 2 Star حيث عندما يعود التيار

ذاته التيار يكمل يكون التيار أقل

في حالة عودة التيار والمحول على وقوعه فإنه سوف يصعب تيار أكبر

III Rotor resistance Starter.

تتحقق هذه الطريقة على وضع

مقاومة متغيرة المقاومة

motor وهذا يدل أن يكون

wound rotor من حيث المبدأ

خط:

مميزات هذه الطريقة

1- قل Current Starting

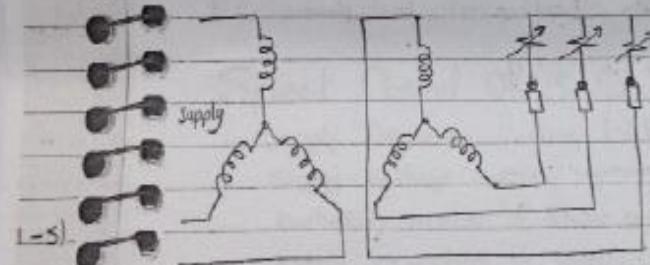
2- زورق Starting Torque

محسوب بهذه الطريقة

1- زورق power loss

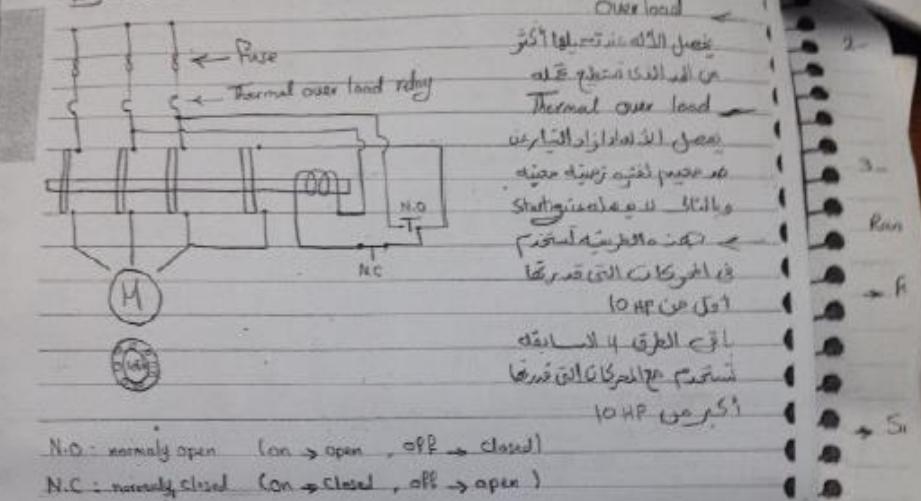
2- لا يمكن استخدامها في حال

Squirrel Cage Rotor



Date: _____ No: _____

5) Direct on line Starter (D.O.L)



Speed Control of 3-Φ Induction Motor.

Supply Frequency Control (V/F) Control (NS)

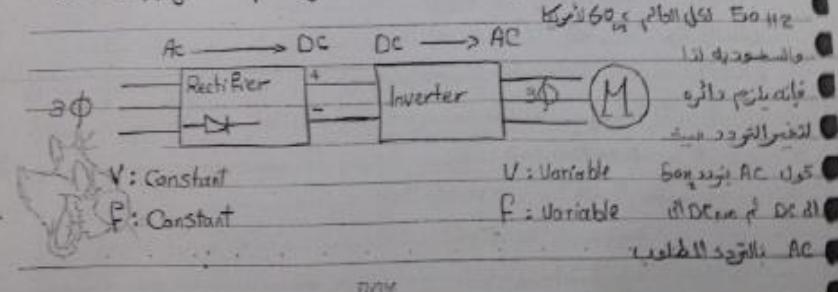
Supply Voltage Control (S)

Controlling number of stator poles (Ns) $N_r = N_s(1-s)$

Adding rheostats in Stator Circuit (S)

Adding external resistance in the rotor circuit (S)

II Supply Frequency Control



$$\Rightarrow \text{ثابت مولتالي تظل ثابتة} \quad \text{ثانية عن نصل الى} \quad \text{maximum Torque} \quad \text{ناتب}$$

$$E = 4.4V \quad \Phi F T_F$$

$$\therefore \Phi \propto \frac{E}{F} \quad \rightarrow E \approx V$$

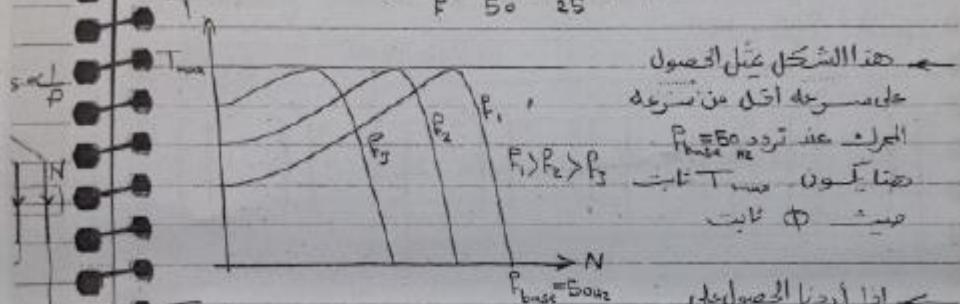
$$\therefore \phi \propto \frac{E}{\tau} \quad \rightarrow E \approx V$$

$$\text{in } \phi \propto \frac{V}{F} \quad \leftarrow \text{Should be Constant}$$

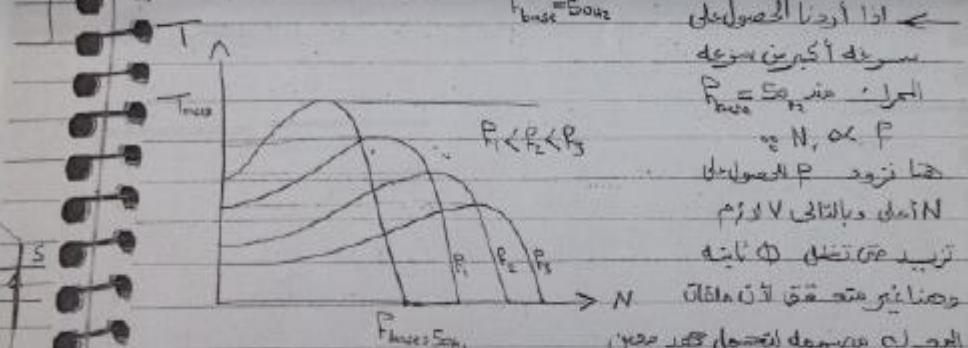
$$\rightarrow V_1 = 220 \text{ V}$$

$$V_2 = 100 \text{ V}$$

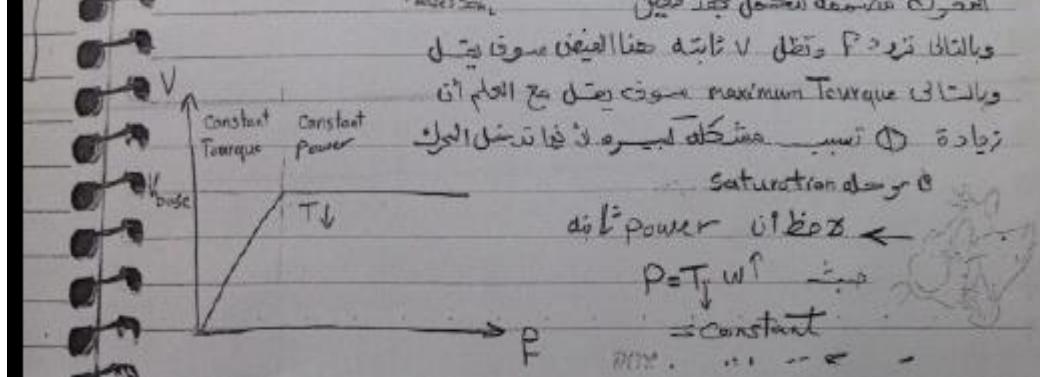
$$\rightarrow \frac{V - 22.0}{5.0} = \frac{11.0}{25} = 4.4$$



هذا الشكل على المتصوّر
على مسافة أقصى من سطحه
المرأة عند تردد $\omega = 50 \text{ rad/s}$
تحتاكوا $\theta = 15^\circ$ ثابت
حيث θ ثابت

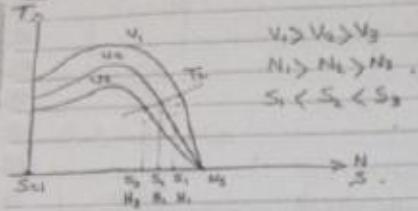


اذا اردنا الحصول على
 سرعة أكبر من سرعة
 الماء عند 50 cm/s
 $\Rightarrow N_A = P$
 هنا نزول P الحصول على
 أعلى ديناميكي لا زخم
 تزيد عن تصل ϕ ثانية



Saturation \Rightarrow $P = P_0 V^{\frac{1}{n}}$ \leftarrow
 \Rightarrow constant

2 Supply Voltage Control



P : Constant

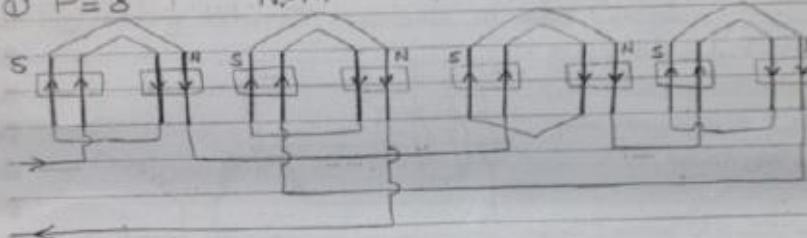
$$N_s = \frac{120P}{P} = \text{Constant}$$

$$N_r = N_s (1-S)$$

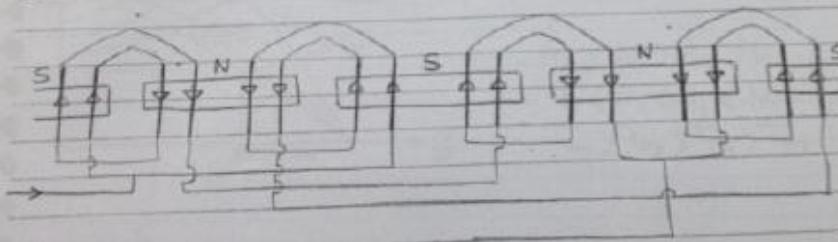
$$\eta_b = 1 - S$$

3 Controlling Number of Stator poles.

$$\textcircled{1} P=8 \quad N=N_1$$



$$\textcircled{2} P=4$$



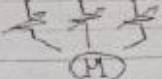
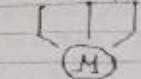
$$N_r = N_2 = \frac{1}{2} N_1$$

عيب هذه الطريقة أن المحرك يتغير

$$\underline{\underline{N}} \text{ أو } \underline{\underline{N}} \frac{1}{2}$$

4] Adding Rheostats in Stator Circuit

3Φ Supply



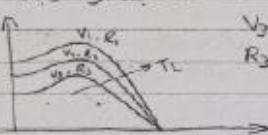
$$N_s = N_1 \frac{(1-S)}{\text{const}}$$

تم هنا تغيير التيار المدخل للماكينات لغير
الجهد المطلق الممسن

غير بهذه الطريقة هو

$$V_3 < V_2 < V_1$$

$$R_3 > R_2 > R_1$$



5] Adding external resistance in rotor Circuit

محركات ذات رotor من النوع

wound rotor.

والتي تتطلب التزجيج من الجيوب
التي تقلل الكفاءة .

التسليعات على
T starting

$$R_4 > R_3 > R_2 > R_1$$

$$N_4 < N_3 < N_2 < N_1$$

$$T_{st4} > T_{st3} > T_{st2} > T_{st1}$$

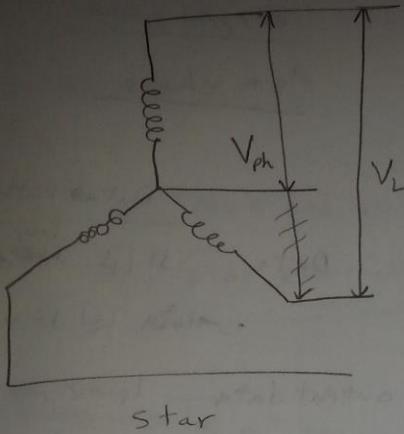
٤ .

CH 5,6

by: mohammed Fathy

ملحوظة هامة

**فِي الْبَابِ الْخَامِسِ الْكِتَابِ
مِنَ الْيُمْنِ إِلَى الْيُسْرَ
وَلَا يُسَارِعُونَ ☺**

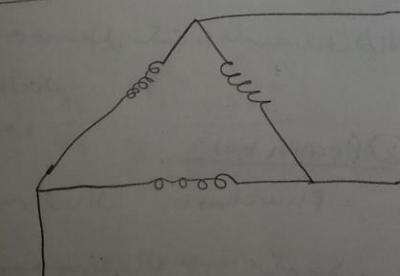


$$V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

$$I_{ph} = I_L$$

$$P = 3 V_{ph} I_{ph} \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$



I

state box ← مدخلات و خروجات

decision box ← مدخلات و خروجات
T₄, T₃, T₂, T₁ و i

Conditional box ← مدخلات و خروجات

محارنة حوصلة

ch:5
synchronous generator

slip ← نسب سرعة

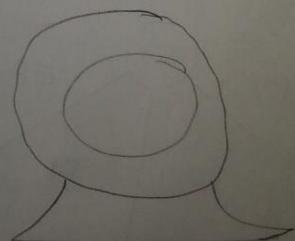
$$S = 0$$

ويجب بـ سرعة راحمة

$$N_s \text{ و } \omega$$

$$N_s = \frac{120 \times P}{f}$$

* stator
(3-Phase induction motor)
motor نسب سرعة



$\frac{P}{2}$ توزيع المولدين في المتر
star in delta

في بعض الأوقات فتح

stator \rightarrow field

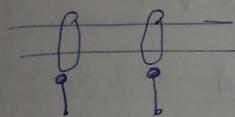
rotor \rightarrow Armature

DC-motor والعملية

الRotor \rightarrow $I_L \leftarrow$

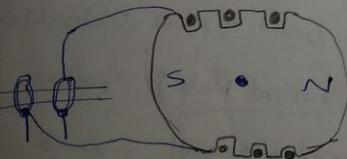
2 brushes \rightarrow 2 slip rings

Rotor \rightarrow Axe $\rightarrow I_L$



وهي تدور بمحرك DC

Non-salient pole



5

For Δ

$$V_{ph} = I_{ph}$$

$$I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$P = 3 V_{ph} I_{ph} \cos \theta$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$

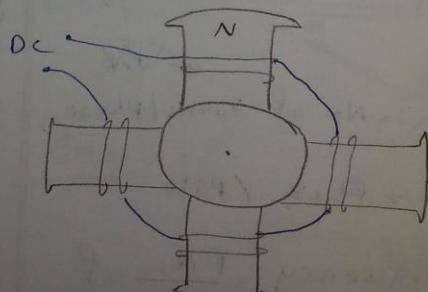
* Rotor

\rightarrow Salient Pole بارزة ذر اقطاب

\rightarrow Non-salient Pole

Motor ذر المذكرة يسمى باسم الـ

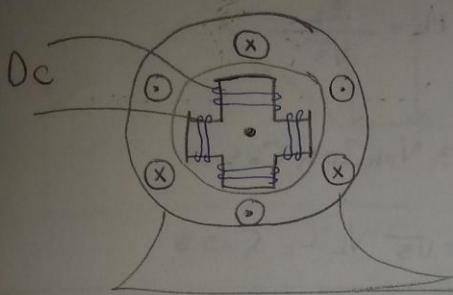
\Rightarrow Salient Pole



وهي تدور بمحرك DC

DC motor

فكرة العجل:



$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

$$f = \frac{P N_s}{120}$$

f تتعذر على المرة وعدد الأقطاب

لوزارتنا زيادة عدد الأقطاب (Polar) ←
سيكون أسهل و (Salient pole)

نقوم بلف ال (rotor) بواسطة
(مرتبتاً) (Turns) فتحت تغير في نوع

الملفات فتولد ممكلاً قوة دافعة

كهربائية

$$E_a = 4.44 T_{ph} \phi F$$

$T_{ph} \rightarrow$ No. of turns/phase $\leftarrow J_{PK}$

$\phi \rightarrow$ Flux / Pole

$$\text{Frequency} = \frac{P N_s}{120} = f$$

In Salient Pole

$$P \geq 4$$

In Non salient Pole

$$P \leq 4$$

المحطة الفازية والحرارية تشتمل

بواسطة (Non salient Pole)

وذكره المرة عاليه جداً

لعموية زيادة عدد الأقطاب.

$|E_a|/\delta$

δ → Power angle.
 δ → Load angle.
 δ → Torque angle
 δ → always +ve
 in generator.

$\delta \rightarrow -ve$ in Motor

→ Phasor diagram

$$P = 3 V_t I_a \cos \theta$$

$$I_a = \frac{P}{3 V_t \cos(\theta)}$$

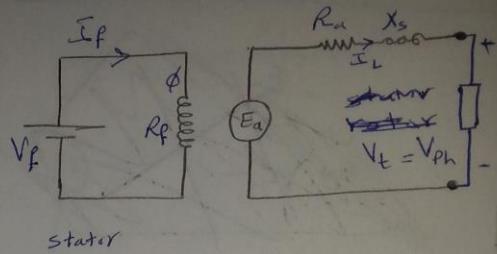
$$= 1 \quad 1 \quad \pm \cos^{-1}(\text{P.F})$$

+ → Lead

- → lag.

E

Equivalent Circuit



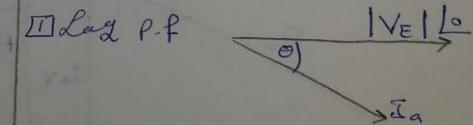
$R_a \rightarrow$ armature resistance / phase

$X_s \rightarrow$ synchronous Reactance / phase.

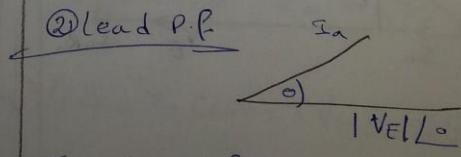
$$Z_s = R_a + j X_s$$

$$V_t = E_a - I_a (R_a + j X_s)$$

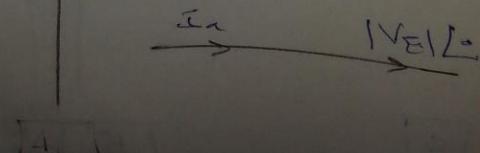
Loads



② lead P.F



③ unity P.F



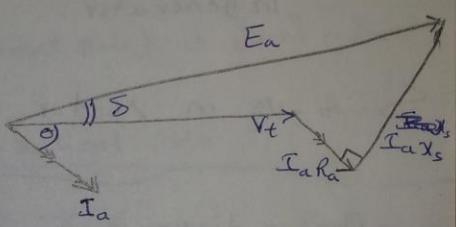
Phasor diagram for lead P.F



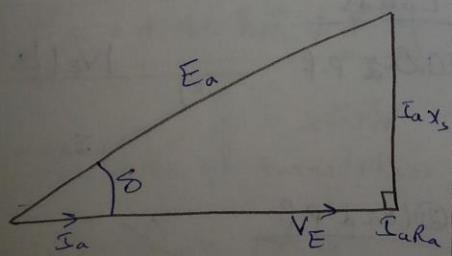
$$I_a = \frac{S}{3V_t}$$

$$S = |V_t| \sqrt{3} \cos^{-1}(P.F)$$

Phasor diagram for lag P.F.



(3) Phasor Diagram for unity P.F



E_a (in Phase) $\Rightarrow I_a$ & $I_a R_a$

I_a & $I_a R_a$ are also in phase

Phasor diagram



[5]

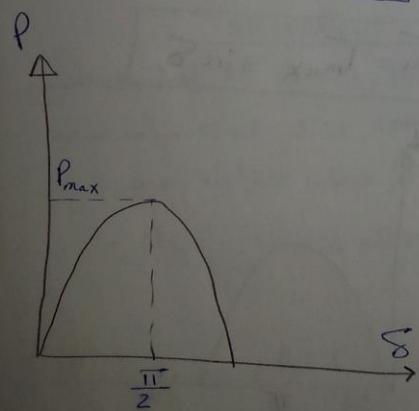
$$P = 3V_t I_a \cos \theta$$

$$= \frac{3V_t E_a}{X_s} \sin \delta$$

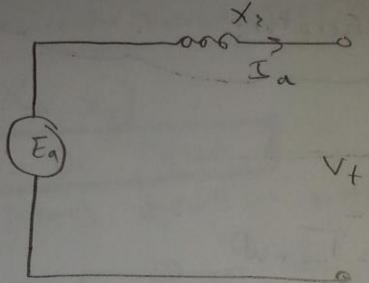
$$P_a = \frac{3E_a V_t}{X_s} \sin \delta$$

$$P_{max} = \frac{3E_a V_t}{X_s}$$

at $\delta = 90^\circ$



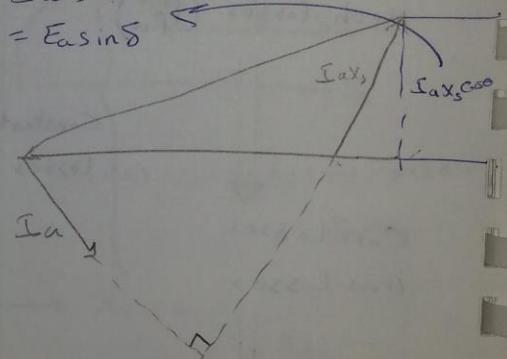
let $R_a = 0$



$$E_a = V_t + I_a J X_s$$

$$I_a X_s \cos \theta$$

$$= E_a \sin \delta$$



$$I_a X_s \cos \theta = E_a \sin \delta$$

$$3V_t I_a X_s \cos \theta = 3V_t E_a \sin \delta$$

Power flow of synchronous
Generator:-

$$P_{in} = T_{in} * \omega$$

Mech. power



Mech. losses ($P_{f.w}$)



Core Losses
iron losses



$$P_{cu} = 3 I_a^2 R_a$$



$$P_{out} = 3 V_t I_a \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} V_L I_a \cos \theta$$

~~س~~

محاذيره تحويل طاقة

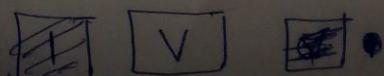
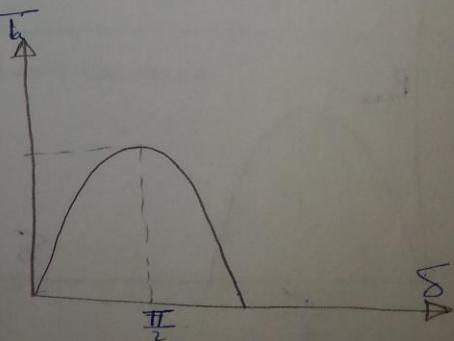
→ Synchronous generator:-

$$T_a = \frac{P_a}{\omega}$$

$$= \frac{3 V_t E_a}{\omega \times s} \sin \delta$$

$$\omega = \frac{2 \pi N_s}{60}$$

$$T_a = T_{max} \sin \delta$$



$$R_t = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$\Rightarrow r = (2 R_a)_{dc}$$

$$(R_a)_{dc} = \frac{R_t}{2}$$

$$= \frac{V_{dc}}{2 I_{dc}}$$

AC للكهربائية شفاف

$$(R_a)_{AC} = (1.15 \rightarrow 1.25) (R_a)_{dc}$$

Skin effect

التيار في حالة AC يمتد على المدخل الخارجي لـ Cond. أكبر فدورة المغناطيس صغيرة

- DC، العكس

$$\therefore (R_a)_{AC} = 1.2 * (R_a)_{dc}$$

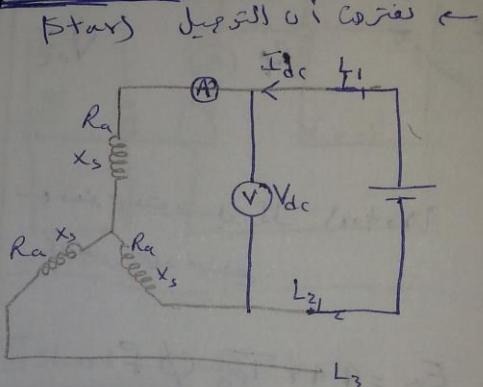
A

✓

Measurement of Synchronous Generator Parameters:-

(R_a, X_s)

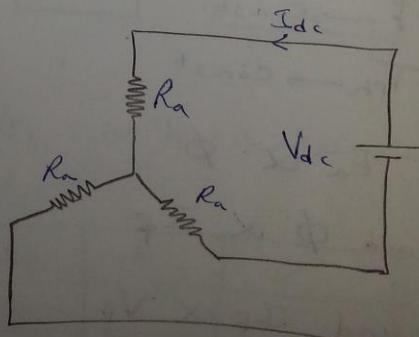
→ DC Test



V(dC) فحص بتوسيع مدور

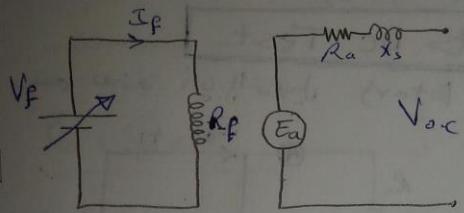
بالشكل.

$$\rightarrow X_s = 0$$



لحساب Δ نقوم بـ اختبارين

[2] open circuit test:-



متوجه بجهة التوصيل الـ (R) جرّب على متغير.

$$E_a = 4.44 T_{ph} \phi F$$

عندما ننجز بتدوير الألة

سرعه ثابتة تكون في العلاقة
المائية.

$F \rightarrow \text{const}$

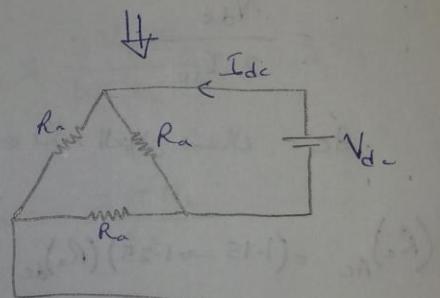
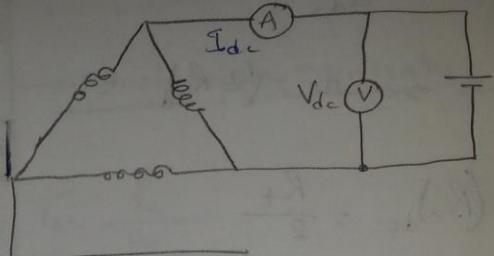
$T_{ph} \rightarrow \text{const}$

$$\therefore E_a \propto \phi$$

$$\text{and } \phi \propto I_f$$

$$\text{and } I_f \propto V_f$$

لـ Δ كـ التوصيل



$$R_t = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} = \frac{3R_a * R_a}{3R_a}$$

$$R_t = \left(\frac{2}{3}R_a\right)_{dc}$$

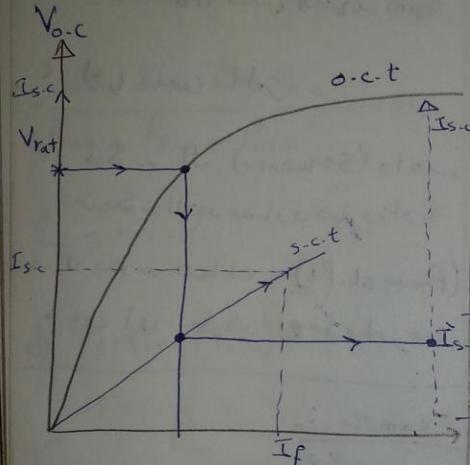
$$(R_a)_{dc} = \left(1.5 * \frac{V_{dc}}{I_{dc}}\right)$$

$$(R_a)_{AC} = 1.2 * (R_a)_{dc}$$

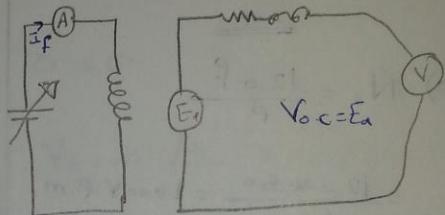
97

X_{leakage} measures X_s
and

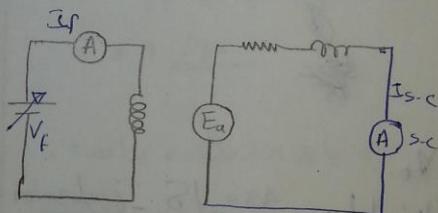
$X_{\text{armature reaction}}$



I_F	0	0.1		I_F^{float}
$V_{o.c}$				



[B] short circuit test



$$Z_s = \frac{V_{\text{rat}}}{I_{s.c.}} = \sqrt{n}$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_a^2} = \sqrt{ }$$

$V_{F.L} \approx V_F \rightarrow$ نقصان بزرگ دارد

I_F	0	✓
$I_{s.c.}$	0	✓

one (line) \rightarrow لوگاریتمی
(Per phase) \rightarrow مستقل $\sqrt{3}$ می باشد

1-

Required

a) N_s b) $V_t \rightarrow$ at Full load

@ η_{at}

Sol

a) $N_s = \frac{120 f}{P}$

$$= \frac{120 * 50}{6} = 1000 \text{ V.P.m}$$

b)

$$V_t = E_a - I_a * j X_s$$



$$|V_t| L_o = \frac{480}{\sqrt{3}} / 8 - 60 / -30^\circ$$

* 1 $\angle 30^\circ$

$$P_a = \frac{3 V_t E_a}{X_s} \sin \theta$$

$$= 3 V_t I_a \cos \theta$$

[11]

السُّرُدُلُ الْوَاجِبِ دَوَافِرُهَا (3) دُوَمِيل

هُوَ لِدِينُ عَلَى التَّوازِي :-

1- يَكُونُ لَهُمَا نَفْسُ الْجِيدِ كُتْرِيَّة.

2- لَهُمَا نَفْسُ التَّرَدُّدِ.

3- يَكُونُ إِلَّا (Sequence) دَاعِمٌ
حَتَّى يَكُونُ الْجِيدُ مُسَارِيَّةً وَرَأْوِيَّةً.

4- لَا يَكُونُ هُنَاكَ (Phase shift)

بَيْنَ أَيِّ طَرْفِينِ دُوَمِيلِينِ مَعًا.

Example :-

star

~~480V, 50Hz, P=6, Xs=1~~

$$I_{apf} = 60 \text{ A} \text{ at } 0.8 \text{ lag P.F}$$

$$P_{f.w} = 1.5 \text{ kW}, P_{iron} = 1 \text{ k}$$

$$R_a = 0 \text{ (neglected)}$$

$$\Rightarrow P_{cu} = 0$$

$$V_{o.c} = 480 \text{ V} \Rightarrow E_{a, \text{Line}}$$

$$\therefore E_a = \frac{480}{\sqrt{3}} = \dots$$

② η at 0.8 lead P.F

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$= \frac{3V_t I_a \cos \theta}{P_{out} + P_{F.w} + P_{iron}} * 100$$

$$\eta = \text{---} \%$$

d) Torque (T_{in})

$$T_{in} = \frac{P_{in}}{\omega}$$

$$P_{in} = P_{out} + P_{iron} + P_{F.w} = Vt$$

$$\omega = \frac{2\pi N_s}{60}$$

$$T_{in} = Vt \quad \text{N.m}$$

~~40~~

~~40~~

~~480~~

~~1~~

$$\frac{480}{\sqrt{3}} \sin \delta = 60 * 0.8$$

$$\delta = \text{---}$$

$$\therefore V_t = V \angle 10^\circ \quad V \rightarrow \text{at lag}$$

at lead

زاوية العارف

$$|V_t| \angle 0^\circ = \frac{480}{\sqrt{3}} \angle 15^\circ - 60 \angle 30^\circ - 87^\circ$$

$$* 1 \angle 90^\circ$$

باقي الخطوات دالة

$$V_t = V$$

at unity P.F

$$\cos \theta \approx 1$$

$$\cos \theta = 1$$

$$\therefore \delta = 0^\circ$$

$$V_t \angle 0^\circ = \frac{480}{\sqrt{3}} \angle 15^\circ - 60 \angle 0^\circ * 1 \angle 90^\circ$$

$$\boxed{15} \quad V_t = V$$

e) Voltage regulation

at
→ 0.8 lag •
→ 0.8 lead •
→ unity P.F. •

$$V.R = \frac{V_{n-L} - V_{F.L}}{V_{F.L}}$$

$$\% V.R = \frac{E_a - V_t}{V_t}$$

نحوه يتم V_t ←
 $V.R$ وتحصل على E_a

١٣

Ch : 6

Note

لمزيد من المعلومات والشرح حول
آلات الباب السادس ، ستجدوها في
كتاب المادة .

Ch. 6

Special Machines

*Single-phase Induction Motor

stator.

Yator

Squirrel Cage النوع الم

(stator) جی نی ۳-phase induction motor نہ لکھیں

Single phase \leftrightarrow like as

فكرة العمل :-

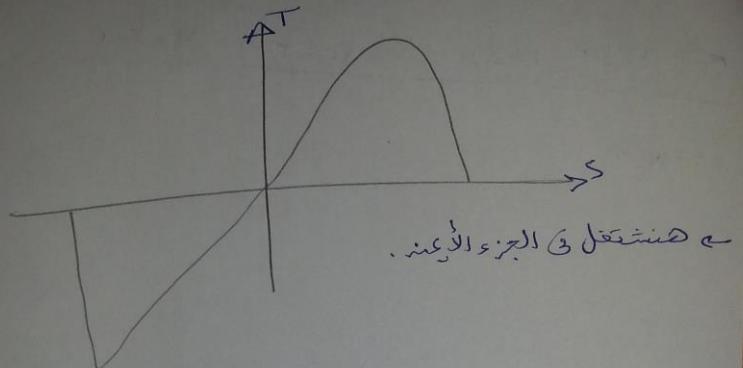
→ منعه بتجزئه الملفات \rightarrow A(اينتولفيون) ولذلك ليس

• فـلا تـعـرـرـ الـأـلـمـ . rotating emnf .

(self starting) and ←

1

بعض
بعض
بعض
بعض



- 1 Split phase motor.
 - 2 Capacitor start Motor.
 - 3 Capacitor start Capacitor run motor
 - 4 Capacitor run motor.
 - 5 Shaded pole Motor

← جمع المحركات في المترادفات Single-phase induction motor

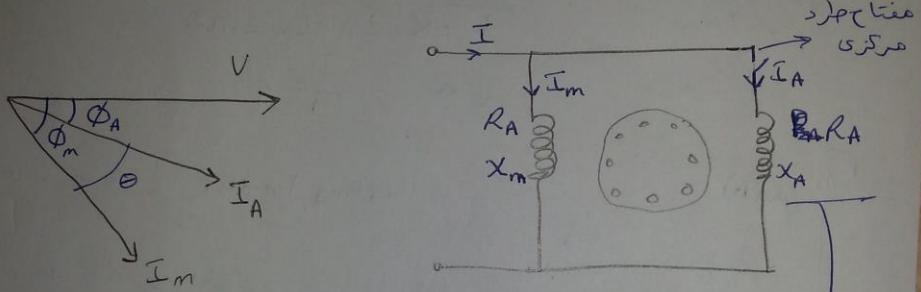
5

١١ Split Phase Motor

يقتصر سلناير (Stator) المكون من خدما $\frac{1}{2}$ عدد المغناطيسي، الآخر يعتبر $\frac{1}{2}$ عدد المغناطيسي.

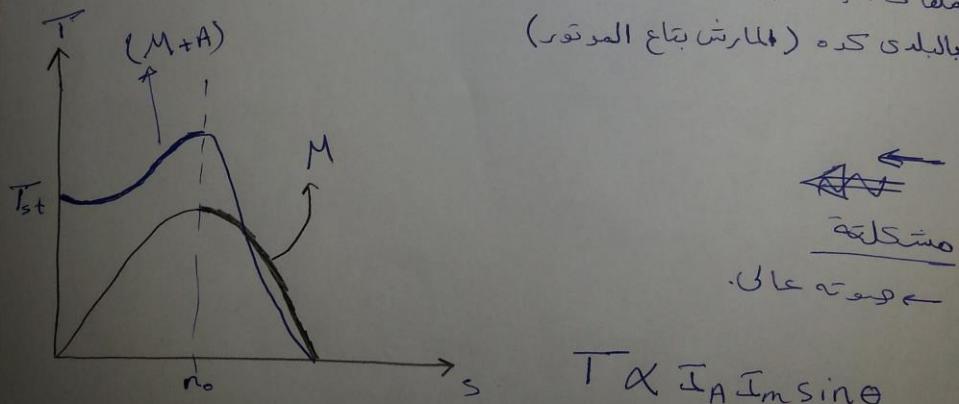
$$R, X \text{ غير متساوين}.$$

ستختصر في العصارات العادة، جسمها عالي.



ملفات اليماء. ($\frac{1}{2}$ عدد المغناطيسي)

بالبلدي كده (ملاشر بتابع المرنون)



مستقلة

وهي عالي

٣٧

2 Capacitor start

لـم نفع مكثف مع ملناـت البدء.

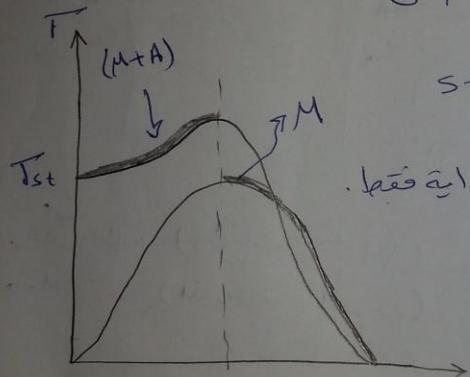
ـ دـور المـكـثـفـ (lead)ـ يـجـعـلـ التـارـ I_A ـ

ـ يـجـعـلـ لـزـدـاهـ (θ)ـ أـكـبـرـ فـيـ زـيـدـ العـزـمـ.

ـ حـوـىـتـ الـدوـتـورـ أـخـفـلـ.

$$T \propto I_A \sin \theta$$

$$\theta \uparrow \quad T \uparrow$$



Starting torque

T_{st}

ـ تـزـيدـ قـيـمةـ

ـ يـحـسـنـ حـوـىـتـ الـدوـتـورـ عـىـ الـبـاـيـةـ فـقـطـ.

written by: Mohammed
Fathy

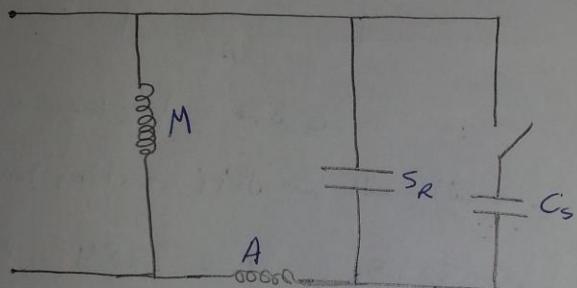
E

3) Capacitor start Capacitor run

→ ملفين ٤ حدها موجود عند البداية ولا يخرج عند العمل.

→ الميزة: جوت الكوتور ناعم.

→ يستخدم في التلاجمات - التكثيفات



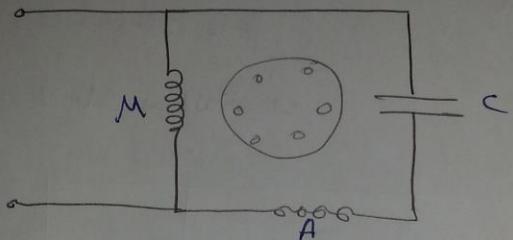
→ دفعه بزياره للد (Starting torque) بواسطه (2 Capacitors)

→ نفول (Ripple) لا يجل حتى ال (Yipple)

□ 0

④ Capacitor Run

← مکنف موجود بشكل داعم ولا يتم خصله .



→ لا يوجد مفتاح خارجي.

• قل حمل المقطع (السابق) (starting torque) ←

$$C = C_S + C_R \quad \text{gas} S + R \quad \text{gas} \quad C_S \sim 15 \text{ J/s} \leftarrow$$

فينيقيا الـ (Ripple) بشكل أسهل.

ـ هذا النوع أضيق لأنها لا تحتوى على مفتاح المطرد المركب

الذى يكفى بالدائم **ويفتح** بعده **لـ** **نـ** **يـ** **صـ** **اح** **عـ** **سـ** **انـ** **هـ**

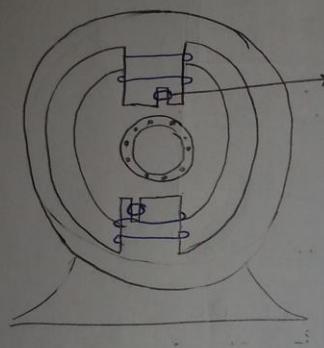
وقت لاّخر.

五

[5] Shaded Pole Motor

القطب المظلل

عند تغير تيار ~~AC~~ يولد فيندر فتقدم بمحول الحلة الموجدة فيرجع تيار \rightarrow فتولع عزم وينتظر جد



الحلقة

القدرة دافعة

\rightarrow قليل \rightarrow pf

المقايد \rightarrow كبيرة

معنادل

رخييف - سهل التركيب.

⇒ Single-Phase Series Motor (universal Motor)

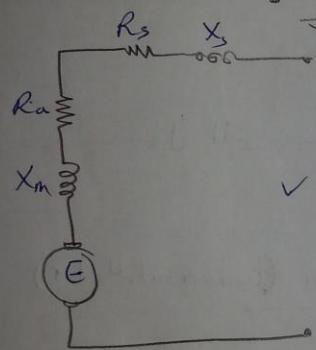
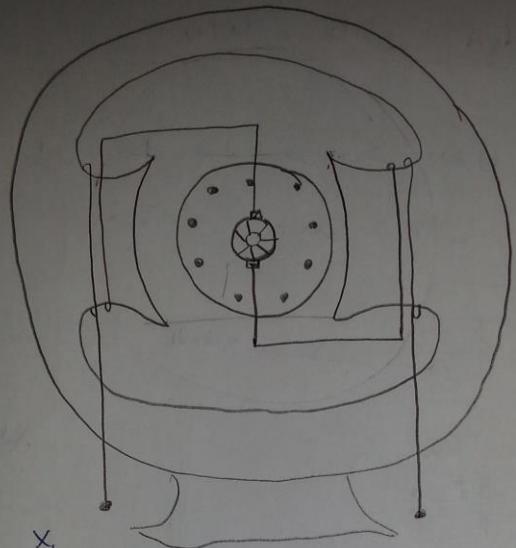
\rightarrow يستخدم في الخلط.

\rightarrow يمثل (Ac) \rightarrow DC ~~series Motor~~ ولكن يعمل على (Ac)

يقوم بعمل (eddy current) لتنقلي (lamination)

(lamination) فلا يوجد (dc) مائي او

V



at DC

$$N = \frac{V - I_a (R_a + R_s)}{K Q}$$

at AC

$$N = \frac{V - I_a (Z_a + Z_s)}{K Q}$$

↗

↙

$$N_{DC} > N_{AC}$$

~~skope~~

~~W.~~

~~W. is good~~

Lec 2

Ch: 6

→ Servo motors

مغناطيس رotor دوار بحسب الاتجاه المطلوب

Response دالة مرجع سرعة

نظام تحكم مراجعاً (feedback control system)

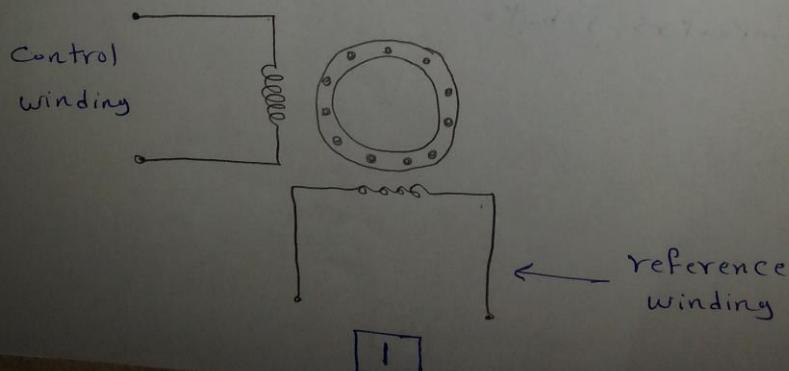
سرعه جهاز

أنواع

[1] AC servomotor. [2] DC servomotor.

[3] Special servomotor. (مشعبنا)

[1] AC servomotor



ـ a. (stationary) ملفين بستاتور زاده

reference winding

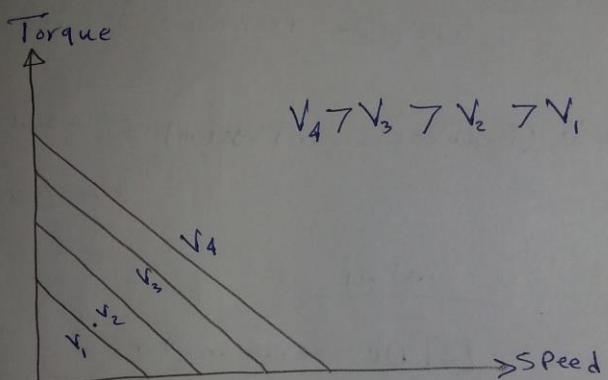
$$\text{AC}, V = \text{const}^+,$$

$$V = V_m \sin \omega t$$

Control winding

$$U = U_m \sin(\omega t \pm 90^\circ)$$

ـ ينبع من الجهد المفخوذ
- control



ـ قليلة جدًّا فتكتسر العلاقة بينها (inertia of rotor) ←

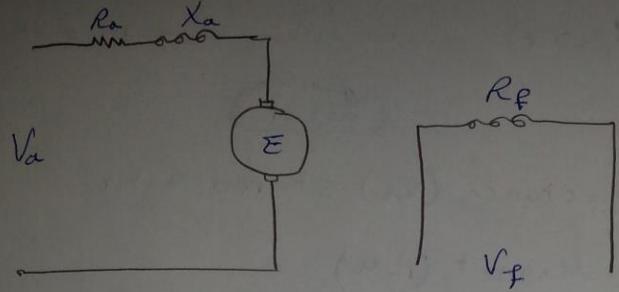
استهلاك

ـ Computers, robots

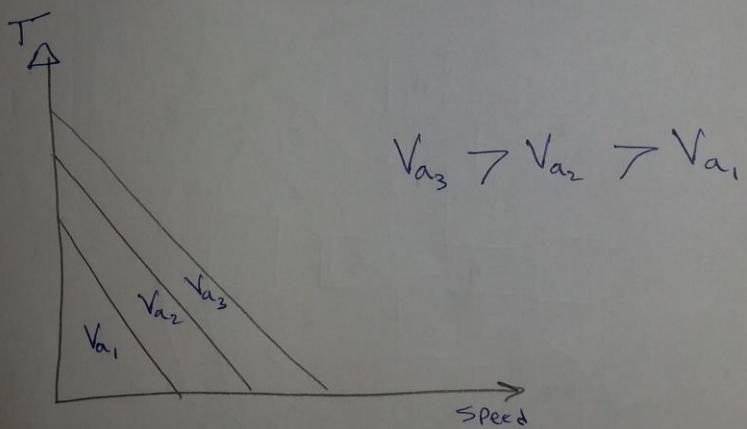
ـ ا

ـ ١٥

2] DC servo motor



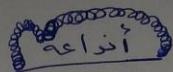
← المотор عبارة عن (dc) و مع ذلك توصل X_a لأننا
هذا يقع بتشغيل المотор على وفتح اد (transient)



٣٢]

Stepper Motor

موتور يتحرك خطوة خطوة معينة
Motor moves in steps.

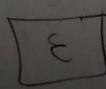
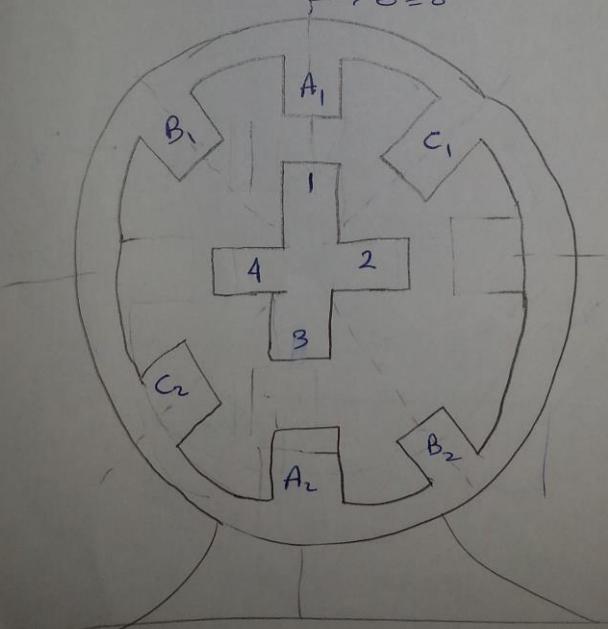


[1] Variable Reluctance (VR) Stepper Motor.

[2] Permanent Magnet (P.M) " "

[3] Hybrid Stepper motor.

. DC \rightarrow (Stepper Motor) سعدي سعدي $\leftarrow \theta = 0$



Phase A	B	C	Θ	
+	0	0	0	
0	+	0	30	
0	0	+	60	
+	0	0	90	

← سُرّح الجدول (في الكتاب)

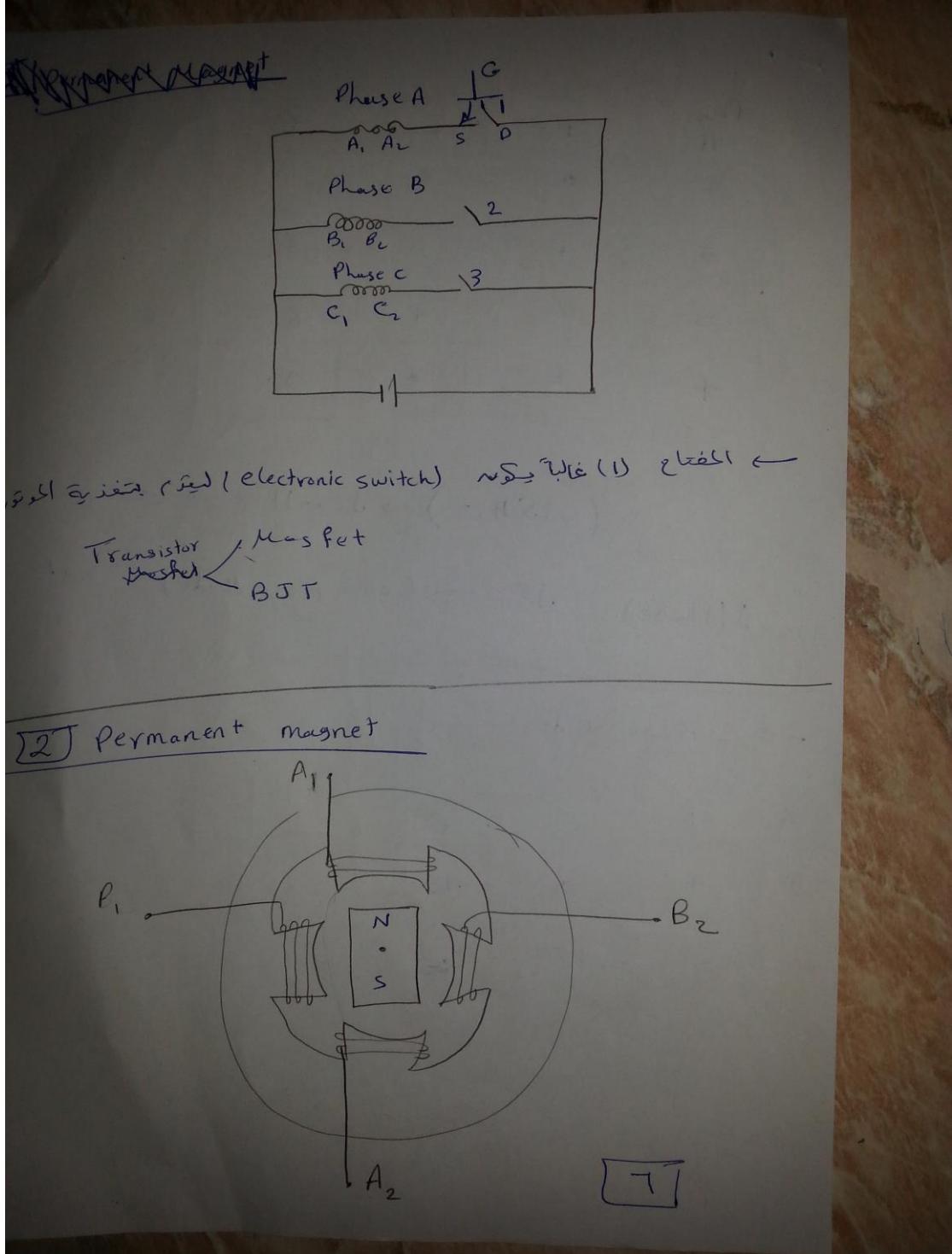
one phase mode (one phase node) \rightarrow one phase (أحادي)

\rightarrow 2 phase mode.

A	B	C	Θ	
+	+	0	15	

405

$$\boxed{0'}$$



→ اتجاه الملفات في (stator) يعده N أو S في

→ rotor مغناطيس دائم بحسب النوع.

→ لو فصلنا A وفينا بمتغير B فنكون

عند $N \leftarrow B_1$ ، $S \leftarrow B_2$

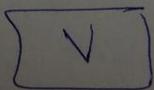
فمعناها أننا نغير كيف فحنا بتددير rotor

→ الزارة تكون 90° أعلاه لذا فحنا بتددير A_1 مثلاً معاً أو فحنا بتددير A_2 فقط.

→ Hybrid

→ rotor من النوع (Permanent Magnet.) P.M

→ stator مغناطيس متغير DC مصادر



THE END

(Mohammed fathy)